600044636T

G.10.c.23.

E. BIBL. RADCL.

1982 e. 2/8

600044636T

G.10 c. 23.

E. BIBL. RADCL.

1982 e. 2/8.

Johann Samuel Traugott Gehler's

Physikalisches

Wörterbuch

neu bearbeitet

von

Brandes. Gmelin. Horner. Muncke. Pfaff.

Fünfter Band.

Erste Abtheilung.

H.

Mit Kupfertafeln I bis XIII.

Leipzig,
bei E. B. Schwickert.
1829.

Digitized by Google

Physikalisches Wörterbuch

V. Band.

Erste Abtheilung.

H.

H.

Haarröhrchen s. Capillarität.

Hängebrücken.

Ports suspendûs; *Bridges of suspension.* Brücken, deren Fahrweg nicht von einer festen Unterlage getragen wird, sondern an einer biegsamen Verbindung beider Ufer aufgehängt ist. Diese Verbindung besteht entweder aus Seilen von Eisendraht, oder aus eisernen Ketten, daher diese Werke auch *Drahtbrücken*, oder *Kettenbrücken* genannt werden. Früher wurden unter *Hängebrücken* vorzüglich diejenigen hölzernen Brücken verstanden, deren Fahrweg von einem im Seiten-Geländer und Dach angebrachten hölzernen Sprengwerk getragen wurde, wie z. B. die ehemalige Schaffhauser Brücke und einige Andere.

Die Erfindung der Hängebrücken gehört den Gebirgsländern Asiens und America's an. Starke Seile aus Stroh, Weidenruthen, oder Lianen verfertigt verbinden die felsigen Ufer eines Waldstroms, und der Weg geht über ein Quergeflecht von dünneren Stricken, das jene zusammenhält [1]. Reiser oder Bretter bedecken das Letztere, und ein parallel zur Seite gezogenes Seil macht das Geländer dieses schwankenden, dem Tritt der Wanderer nachgebenden, Baues aus. Alexander von Humboldt, der im Januar 1802 auf der Brücke *Penipe* über den Fluſs *Chambo* setzte, giebt derselben eine Länge von 120 Fuſs bei 7 Fuſs Breite. Die Seile von den faserichten Theilen der Wurzel der

---

1 Eine Abbildung einer solchen Brücke in ihrer einfachsten Gestalt sehe man in Rugendas Vues du Brésil. 1827. Beschreibungen von Augenzeugen finden sich in Legentil la Barbinais nouveau voy. autour du monde T. I. p. 88.

Agave Americana verfertigt, waren ¼ Fuſs dick[1]. Von derselben Art muſs auch die Brücke gewesen seyn, welche der vierte Yncas, Mayta Capak, ein weiser Regent und groſser Feldherr zur Erweiterung seiner Eroberungen über den Fluſs Apurimak spannte. Sie bestand aus fünf mannsdicken Tauen von Bindweiden, von denen drei den Boden der Brücke ausmachten, während die beiden Andern als Seitenlehnen dienten. Sie waren an einem System von Querbalken befestigt, welche gegen zwei aus dem Felsen gehauene oder auch gemauerte groſse Pfeiler gelegt wurden. Seile von der Dicke eines Armes machten den Querverband aus, und nahmen die Bretter des Fuſsbodens auf, die dann noch mit Schilf oder Reisig bestreut wurden. Diese Brücke war zweihundert Schritte lang und zwei Varas (7 Fuſs) breit[2].

Auch in der alten Welt wird die Erfindung der Hängebrükken einem Krieger zugeschrieben, und wohl dürfte hierin den Asiaten die Priorität zukommen. In der chinesischen Provinz Setschuen befinden sich drei Brücken, die von dicken Seilen getragen werden. Berühmter jedoch ist die eiserne Kettenbrücke über den Panho in der Provinz Quei-tschu. Auf den beiden Ufern des zwar nicht breiten, aber sehr tiefen Flusses wurden zwei massive steinerne Pfeiler von 6 bis 7 Fuſs Breite und 17 bis 18 Fuſs Höhe erbaut, welche (übereinstimmend mit der soliden Construction der heutigen Engländer), zusammen ein Thor bilden. An jedem Pfeiler hängen vier Ketten an ungeheuer groſsen Ringen, und diese sind durch kleinere Ketten dergestalt mit einander verbunden, daſs das Ganze einem Netz mit groſsen Maschen ähnlich sieht. Die Brücke ist mit starken Bohlen belegt, die wohl mit einander zusammenhängen, und von den Pforten aus führt eine feste, auf vorspringenden Balken liegende Brücke zum Niveau der Ketten hin: zu beiden Seiten ist ein einfaches hölzernes Geländer angebracht[3]. Aehnliche Brücken befinden sich in dem benachbarten Thibet. Unweit der Stadt

---

1 Humboldt Vues des Cordillères et Monumens des peuples indigènes de l'Amérique.

2 Allgem. Historie d. Reisen. T. XV. S. 392. u. 588. Die Errichtung dieser Brücke dürfte auf das Ende des zwölften Jahrhunderts fallen.

3 Allgem. Hist. d. Reisen. T. VI. S. 199. (nach Du Halde).

Lassa (30° 33′ N. Br. und 91° 40′ L. v. Greenw.) führt eine Brücke von fünf Ketten über den Fluſs *Tsanga*. Jede Kette soll aus 500 Ringen von 1 Fuſs Durchmesser bestehen [1]; woraus Rennel eine Distanz der Ufer von etwa 480 Fuſs ableitet, dreimal grösser als Turner sie angiebt [2]. Das Geländer ist von Bambusrohr. Turner beschreibt noch eine andere Kettenbrücke für Fuſsgänger, deren Construction mit der besten Methode der heutigen Architekten übereintrifft. Zwei parallele Ketten von 4 Fuſs Distanz sind über 8 Fuſs hohe Pfeiler gelegt, und gehen dann unter einer geringen Neigung nach der Erde hin, wo sie an einen groſsen Steinblock befestigt sind, welcher unter einer Last von Steinen begraben liegt. An diesen ist vermittelst Bändern aus Wurzeln und Schlingpflanzen eine Bohle von 8 Zoll Breite als Brückenweg aufgehängt, von solcher Länge, dass die Mitte 4 Fuſs unter die Ketten zu liegen kommt. Die Länge der Brücke beträgt 55 Fuſs.

Noch klarer und vollständiger erscheint diese Construction in einer Brücke, die nach dem Berichte des Capt. Basil Hall unweit St. Yago in Chili über den Fluſs Maypo geführt ist [3]. Sechs starke gedrehte Riemen von rohem Büffelleder, je drei auf jeder Seite in einer Ebene übereinander hängend, tragen an verticalen ledernen Bändern von der Dicke des kleinen Fingers den vier Fuſs breiten aus kreuzweis gelegten Brettern bestehenden Fahrweg. Die letzteren sind, merkwürdig genug, an jenen so befestigt, daſs jeder erste verticale Riemen an dem obersten Tragseile, der folgende an dem mittlern, und der dritte am untersten angehängt ist. Am einen Ufer geht die Brücke in einen Felsen von 20 bis 30 Fuſs Höhe über dem Wasser; dort sind die Riemen in den Felsen selbst festgemacht. Auf dem andern flachen Ufer jedoch ist ein hohes Gerüst von starken Balken aufgerichtet, über welches die sechs Riemen hinübergezogen und in sehr wenig geneigter Richtung um eingegrabene Stämme gewunden sind. Der Fahrweg selbst ist möglichst geradlinig; die Hauptseile aber bilden einen flachen Bogen. Den Aussagen der Einwohner zufolge haben die Spanier bereits bei ihrem Eintritt Fig. 1.

---

1 Georgi, Alphabetum Thibetanum.

2 Rennel, description de l'Indostan. T. III. p. 92. et Turner Relation de l'Ambassade au Thibet. S. 75. u. 79. d. deutsch. Uebers.

3 Edinburgh philos. Journ. No. 27. p. 52.

in dieses Land vor 300 Jahren diese Brücken, so wie sie jetzt sind, vorgefunden.

Vermuthlich war es die Kenntniſs dieser Brücken, die einen wenig bekannten Schriftsteller, FAUSTUS VERENTIUS in den Stand setzten, im J. 1625 in einem in mehreren Sprachen herausgegebenen Werke die Hängebrücken mit aller Vollständigkeit und nach ihrer besten Construction zu beschreiben [1]. Die Seltenheit dieses Werks und die schlechte Einrichtung der orientalischen Kettenbrücken mochten Ursache seyn, daſs die Aufmerksamkeit der europäischen Architekten nie auf diesen Gegenstand hingelenkt wurde, und daſs selbst der erste Versuch dieser Art in England, die Kettenbrücke von Winch über den Fluſs Tees, welcher die Grafschaften Durham und York scheidet, in Dunkelheit blieb [2]. Diese Brücke ist nach Art der Chinesischen gebaut; zwei Ketten von 70 Fuſs sind 60 Fuſs hoch über einen Abgrund gespannt; die Brücke von 2 Fuſs Breite liegt auf den Ketten selbst, und ist nur auf der einen Seite mit einer Lehne versehen; sie ist auch allen den Biegungen und Schwankungen unterworfen, die dieser Construction eigenthümlich sind. Man setzt die Zeit ihrer Erbauung ins J. 1747. Erst mit dem gegenwärtigen Jahrhundert beginnt die eigentliche Epoche der Hängebrücken, und zwar zuerst in America, seitdem der Landeigenthümer FINLAY die richtigen Grundsätze dieses Baues hervorrief, zufolge welcher der Fahrweg der Brücken von verticalen Stangen getragen wird, die an den Ketten aufgehängt sind. Bereits im J. 1808 war die Regierung der vereinigten Staaten im Fall, für diese Brücken ein Patent zu bewilligen, und im Jahr darauf wurde über den Fluſs Merrimak in der Provinz Massachusets eine fahrbare Kettenbrücke von 244 Fuſs engl. einfacher Bogenweite u. 30 Fuſs Breite errichtet. Zehn Ketten, jede etwa 516 Fuſs lang, waren über gemauerte Tragpfeiler von 37 Fuſs Höhe und ein auf diesen errichtetes Zimmerwerk von 35 Fuſs Höhe geschlagen, und weiterhin tief unter schweren Steinmassen in die Erde befestigt. Die Brücke soll 20000 Piaster gekostet haben, und auf eine Last von 10,000 Centner berechnet seyn. Nicht minder gigan-

1 NAVIER, Memoire et Rapport sur les ponts suspendûs. Paris. 1824. Introd. u. SEGUIN aîné Des ponts en fil de fer. 1826. 4. p. 27.

2 STEVENSON Bridges of suspension. Edinb. philos. Journ. No. X. u. Bibl. univers. T. XXI.

tisch ist eine Brücke von 350 Fuſs aus zwei Bogen, welche über den Wasserfällen von Sckuylkill schwebt, und eine andere aus vier Bogen von 450 Fuſs.

Schon im J. 1807 hatte ein französischer Ingenieur Belü das Project eingegeben, über einem Arm des Rheins zwischen Wesel und Ruderich eine Brücke mit einen hängenden Bogen von 770 franz. Fuſs Oeffnung zu schlagen. Der Fahrweg hätte über die Ketten hingehen sollen, mithin wäre, da man denselben keine merkliche Senkung hätte geben dürfen, die Spannung auſserordentlich groſs geworden; eine Betrachtung, die nicht geeignet war, diesem Vorschlage Eingang zu verschaffen.

Dem Beispiele der kühnen Amerikaner folgend faſste der englische Ingenieur Telford im J. 1813 den Plan, über die Ausmündung des Mersey 20 engl. Meilen unterhalb Liverpool eine Kettenbrücke zu führen. Sie sollte aus einem Hauptbogen von 940 fr. Fuſs nebst zwei Halbbogen von 456 Fuſs bestehen, mithin etwa 1900 Fuſs ganze Länge erhalten, und 62 Fuſs hoch über dem Wasser schweben, um den Schiffen freien Durchgang zu gestatten. Das Ungeheure dieser Unternehmung machte die Actionnairs erschrecken; doch gab sie immerhin Gelegenheit zu nützlichen Untersuchungen über die Stärke des Holzes und Eisens, die Barlow in einem besondern Werke mitgetheilt hat.

Bis zum J. 1818 wurden in England nur drei kleinere Brükken für Fuſsgänger erbaut; die zu Galashiel von 111 Fuſs Länge, die von Kings Meadows über den Tweed von 110 Fuſs, und die von Thirstane über den Etterik von 125 Fuſs Länge. Alle drei sind von Eisendraht construirt nach einem System, dessen Verwerflichkeit sich besonders bei der Kettenbrücke von Dryburgh zu erkennen gab, die im Januar 1815 vom Sturm zerrissen wurde. Der Fahrweg ist hier nämlich nicht an einem Kettenbogen aufgehängt, sondern wird durch Schrägbänder τ, τ, τ; die als Radien vom Tragpfeiler (p) ausgehen, gehalten; Fig. 2.
eine Anordnung, die hauptsächlich nach der Mitte der Brücke hin, der verticalen Haltung des Fahrwegs äuſserst ungünstig ist. Die Vereinzelung der Tragekräfte in diesen Radien veranlaſste eine ganz ungleiche Spannung in denselben, so daſs die einen Alles zu tragen hatten, während dem die andern locker waren. Die senkrechten Schwingungen dieser Brücke waren daher so stark, daſs einst vier Personen, die sich den Spaſs machten, die Schaukelung zu ihrem Maximum zu bringen, eine der längsten

Ketten ſprengten, und daſs in jenem Sturme nach dem Urtheil der Augenzeugen Niemand die Brücke hätte betreten dürſen, ohne von dieſen Schwingungen über das Geländer hinausgeworſen zu werden.

Nach dieſer Zeit trat Telford mit dem Projecte auf, durch eine Hängebrücke die Ufer des Canals zu vereinigen, welcher England von der Inſel Angleſea trennt, und die Menaiſtraſse genannt wird. Von beiden Küſten treten gemauerte Brücken, auf Arcaden ruhend, heraus, zwiſchen welchen der Hauptbogen von 540 F. Weite die Hängebrücke bildet. Telford wollte ſie anfangs an ſechszehn Eiſentauen aufhängen, deren Conſtruction jedoch von den eigentlichen Drahtſeilen merklich abwich. Sechs und dreiſsig viereckigte lange Eiſenſtangen von einem halben Zoll Durchmeſſer ſollten ſo an einander gelegt werden, daſs ſie ein viereckiges Prisma bildeten, deſſen Durchſchnitt ein Quadrat von drei Zollen Seite war. Vier Segmente von der Form eines ſenkrechten Cylinderabſchnitts mit den planen Seiten auf das Prisma gelegt, ſollten ſodann das Quadrat ſeines Querſchnittes zu einer Kreisfläche ergänzen, ſo daſs das Ganze ein rundes Tau vorgeſtellt hätte, deſſen Theile durch einen ſpiralförmig umgewundenen Draht zuſammengehalten worden wären. Allein er gab dieſes Syſtem nachher wieder auf, und bei der Ausführung wurden Ketten aus 10 Fuſs langen Stäben verfertigt, angewandt; jetzt (i. J. 1828) bildet dieſe Brücke nebſt der nächſt zu erwähnenden Unionbrücke eines der ſchönſten Denkmale moderner Baukunſt.

Fig. 3. Die erſte groſse, nach den beſten Grundſätzen ausgeführte Kettenbrücke (die Unionbrücke über den Tweed) wurde im Aug. 1819 von dem Erfinder der Ankerketten, dem Capitain Samuel Brown angefangen, und in eilf Monaten zu Stande gebracht. Ihre Spannweite beträgt 420 Fuſs und die Brücke ſelbſt iſt 380 Fuſs lang und 18 Fuſs breit: in der Mitte iſt ſie um 2 Fuſs gehoben, ſo daſs ſie, ſelbſt wenn die Ketten etwas nachgeben ſollten, nie concav werden kann. Sie hängt an zwölf Ketten, von denen je zwey in horizontaler Ebene neben einander liegen, und bei ihren Gelenken die verticalen Tragſtangen zwiſchen ſich aufnehmen. Auf jeder Seite der Brücke hängen drei ſolcher Kettenpaare über einander dergeſtalt, daſs ihre Gelenke nicht in der nämlichen Verticale ſich befinden, ſondern je um $\frac{1}{3}$ eines Kettenſtabes der Länge nach verſetzt ſind.

Auf diese Weise bilden die Aufhängestangen eine Reihe von gleichen Zwischenräumen, die nahe genug sind, um die zwei äuſsern Längenbalken des Fahrweges gehörig zu stützen. Die Kettenstäbe sind Cylinder von 15 Fuſs Länge und 2 Zoll Durchmesser. An ihren Enden sind sie aufgetrieben und durchbohrt; ein ovaler stählerner Bolzen befestigt sie zwischen zwey platte Eisenstücke, welche das Gelenk der Kette ausmachen. Ihre Länge beträgt 432 Fuſs von einem Aufhängepunct zum andern, und sie bilden daselbst mit der Horizontallinie einen Winkel von 12 Graden. Der Pfeil der Senkung des mittlern Kettenpaares ist etwa 26 Fuſs, das Gewicht dieser Ketten beträgt gegen 2000 Centner. An dem flachern schottischen Ufer des Flusses gehen sie über einen gemauerten Pfeiler von 60 Fuſs Höhe, 57 Fuſs Breite, und 19 Fuſs Dicke nach der Richtung der Brücke. Bis auf 20 F. Höhe ist er gerade, nachher verjüngt, so daſs er eine abgestumpfte Pyramide darstellt, deren obere Fläche noch 28 und 15 F. in Kanten hält: in der Höhe des Fahrwegs ist er noch 32 F. breit. Ein gewölbtes Thor von 12 Fuſs Breite und 17 Fuſs Höhe führt durch denselben auf die Brücke. Jede dieser Doppelketten geht über eine groſse Rolle, und ist daselbst in kürzere Gelenke nach Art der Ketten in Taschenuhren gebrochen; sie liegen in verticalen Intervallen von 2 Fuſs über einander. Von da gehen die Spannketten schräg nach der Erde hin, so daſs sie den Boden unter einem Winkel von etwa 35 Graden berühren, und setzen diese Richtung bis auf 24 Fuſs Tiefe unter denselben fort. Daselbst sind sie durch ungeheure Tafeln von Guſseisen von 6 und 5 Fuſs in Kanten, die in der Mitte, 5 Zoll am Rande $2\frac{1}{2}$ Zoll Dicke haben, geführt, uud mit groſsen ovalen Bolzen verzapft; der darüber befindliche Raum ist mit Steinen und Erde fest ausgefüllt. Am englischen Ufer ist das Mauerwerk an einem Sandsteinfelsen angelegt, und bedurfte seiner Lage wegen nur 24 Fuſs Höhe; seine Dimensionen sind mit den vorigen einerlei; hier gehen die Ketten nur über eine Art Sattel von Guſseisen, und treten dann in beinahe senkrechter Richtung an das Fundament des Mauerwerks hinunter; sie werden dort von eben so groſsen Tafeln festgehalten, die in dem Felsen eingesprengt und noch durch ein horizontal darüber gehendes Gewölbe gesperrt sind. Der Fahrweg liegt auf hölzernen Längenbalken, die 15 Zoll hoch und 7 Zoll dick sind; die querliegenden Bohlen haben 3 Zoll Dicke und sind für die Fuhrwerke mit eisernen

Geleiſen verſehen. Die Tragſtangen von 1 Zoll Dicke ſtehen 5 Fuſs aus einander, an jeder Kette um 15 Fuſs. Das Geländer iſt 5 Fuſs hoch, und beſteht aus einem eiſernen Netze, deſſen Rauten 6 Zoll Seite haben. Das ganze Werk mit Gemäuer und Eiſen wurde von dem Erbauer für die geringe Summe von 5000 Pf. Sterling geliefert; allein die Unternehmer fanden nachher für gut, ſeine Uneigennützigkeit durch ein Geſchenk von 1000 Pfund zu belohnen.

Die Seichtheit der Küſte am Hafen von Leith veranlaſste den nämlichen Architekten, den Bau eines langen Einladungsdammes (Einſchiffungsdammes, embarcadère) nach dem Princip der Kettenbrücken vorzuſchlagen. Er wurde im J. 1821 ausgeführt. Die ganze Länge dieſer Brücke beträgt 700 Fuſs, welche auf drei Bogen von 230 Fuſs vertheilt ſind: ihre Breite hält 4 Fuſs. Der erſte Unterſtützungspfeiler befindet ſich am Lande, und iſt gemauert, der äuſserſte, welcher den Kopf der Brücke ausmacht, beſteht aus 40 eingerammten, Pfählen, die einen Raum von 60 Fuſs Länge und 50 F. Breite einſchlieſsen, und durch horizontale Querbalken zu einem feſten Bau, der ſowohl dem Wellenſchlage als auch dem Zuge der Ketten zu widerſtehen vermag, verbunden ſind. Die zwei zwiſchenliegenden Unterſtützungspuncte ſind ebenfalls nur Pfahlwerk, mit durchbrochenen Pfeilern aus Guſseiſen, über welche die Ketten gehen.

Die Vortheile, die dieſe ſo einfache Ladungsbrücke gewährte, die Zertheilung, vermöge welcher ein ſo durchbrochenes Pfahlwerk die Wuth der Wellen entkräftete, veranlaſste bald eine ähnliche noch gröſsere Unternehmung bei Brighton. Die dortige Brücke beſteht aus drei Hängebogen, jeder von 230 Fuſs Länge; ihre Breite beträgt 11 Fuſs.

Im J. 1823 verfertigte der unternehmende Baukünſtler Brunel zwei Kettenbrücken, die nach der Inſel Bourbon beſtimmt waren. Die dort wüthenden Orkane machten eine vorzügliche Stärke aller Theile nothwendig. Brunel verſah daher den Fahrweg noch mit einem umgekehrten Kettenbogen unter der Brücke. Das Ganze beſteht aus zwei Bogen von 130 Fuſs Länge. In der Mitte gehen die Ketten über einen durchbrochenen Pfeiler von Guſseiſen von 24 Fuſs Höhe, der auf einer über das Waſſer herausragenden gemauerten Unterlage ruht.

In Frankreich waren die Gebrüder Séguin zu Annonay, die

ersten, welche den Versuch einer kleinen Hängebrücke für Fuſsgänger wagten, die nur 50 Franken kostete. Ihnen folgte bald der Oberst Dufour in Genf, der eine Brücke über zwei Graben der dortigen Festungswerke leitete. Wenn allerdings die erste Idee, statt der Ketten die wohlfeileren Drahtseile anzuwenden, den Gebrüdern Séguin angehört, so hat dagegen Dufour das Verdienst, dieses System in einem hinreichend groſsen Maſsstabe ausgeführt, und seine Vorzüge durch eine Menge trefflicher Versuche begründet zu haben. Das von ihm über diesen Bau herausgegebene Werk enthält überdem die ersten theoretischen Untersuchungen über diesen Gegenstand, und eine Menge sehr schätzbarer praktischer Angaben und Winke, wobei selbst etwanige Miſsgriffe mit einer Offenheit und Bescheidenheit dargelegt sind, die das wahre Kennzeichen persönlicher Vorzüglichkeit ausmacht. Der Raum, über den man zu schreiten hatte, betrug 269 engl. Fuſs; in der Mitte des Grabens befand sich ein Zwischenwall von 84 Fuſs Breite, der äuſsere Graben war 110 Fuſs, der innere 75 Fuſs weit. Dieses nöthigte ihn, der Brükke zwei Bogen zu geben, deren Zwischenpfeiler man genau in die Mitte setzte. Die Tragpfeiler waren 12 Fuſs hoch und 11 Fuſs breit, und von einem Thorwege von 10 Fuſs Höhe u. 6 Fuſs Breite durchbrochen. Der Fahrweg hängt an sechs Drahttauen, deren jedes aus 90 Drähten No. 14. von 2,1 Millim. (oder 0,93 Par. Lin.) Durchmesser besteht, und die zu dreien auf jeder Seite senkrecht über einander hängen. Das unterste derselben berührt den Fahrweg, und das oberste das Geländer desselben. Auf der Stadtseite sind sie hinter dem Tragpfeiler mit verticalen, am äuſsern Ende angeneigten Spannketten verbunden, welche solid im Boden befestigt sind. Die Hängestangen, welche die Brücke tragen, bestehen aus 12 Drähten, die wie die Drahttaue mit ausgeglühtem Eisendrathe umwunden sind. Um die horizontalen und verticalen Schwankungen der Brücken zu verhindern, sind an den Endpuncten einer jeden zwei seitwärts und niederwärts gehende Schrägbänder, aus 32 Drähten bestehend, angebracht, und in der Stützmauer des Grabens befestigt. Die Brücken selbst, von 6 Fuſs Breite bestehen aus Holz, und sind mit eisernem Geländer versehen. Eine umständliche Beschreibung des bei Verfertigung der Drahtseile und der Errichtung der Brücke selbst angewandten Verfahrens machen Dufour's Schrift zu einem unentbehrlichen Hülfs-

buche für jeden, der den Bau einer geöſsern oder kleineren Drahtbrücke versuchen möchte.

Eine Drahtbrücke für Fuhrwerke wurde im Jahr 1825 von den Gebrüdern Séguin zwischen Tain und Tournon über die Rhone errichtet. Eine königl. Verordnung hatte im Jan. 1824 die Erbauung derselben und den Unternehmern ein angemessenes Brückengeld für 99 Jahr bewilligt. Sie besteht aus zwei gleichen Hängebogen, jeder von 262 franz. F. Länge, deren 12 Drahtseile über einen Zwischenpfeiler, 31 F. hoch über dem Fahrwege aufgehängt sind. Letzterer hat zwischen den Geländern 13 F. Breite, ist aber auf 50 F. um den Mittelpfeiler bis auf 19 F. erweitert, um sowohl das Vorbeifahren der Fuhrwerke zu erleichtern, als auch der Brücke in horizontaler Richtung mehr Festigkeit zu geben. Beide Brücken steigen gegen den Mittelpfeiler mit einiger Wölbung hinan, so daſs das Ganze einem Bogenstück von 1078 F. Radius gleich sieht. Das gemauerte Widerlager auf der Seite von Tournon ruht auf anstehendem Fels, der Zwischenpfeiler und die Tragmauer auf der Seite von Tain liegen auf solidem Pfahlwerk, dessen Fuſs mit Steinblöcken verwahrt ist. Die Unterlage des Mittelpfeilers ist ein gemauertes Prisma von 52 F. Länge in der Richtung des Stromlaufes, 18 F. Breite und 24 F. Höhe vom Rost des Pfahlwerkes bis zur Brücke. Ein Thorweg von 12 F. Breite und 18 F. Höhe durchbricht den darüber stehenden Pfeiler. Von entsprechender Ausdehnung und Festigkeit sind auch die mit Pforten versehenen Widerlager der Endpuncte. Jedes der zwölf Drahtseile besteht aus 112 Eisendräthen von No. 18. 3 Millim. oder 1½ Lin. dick. Sie gehen je sechs auf jeder Seite über den Pfeiler und die Widerlager, hinter welchen sie meist vertical hinuntergezogen sind, und bilden drei Hängebogen, an welchen in abwechselnder Ordnung die verticalen Tragstäbe der Brücke aufgehängt sind. Das Geländer der Brücke aus rautenförmig zusammengelegten Holzstäben gebildet, deren Rauten durch verticale Eisenstangen zusammengezogen werden, bietet eine bedeutende Festigkeit dar, und hilft den Fahrweg steifer machen. Die vereinte Tragkraft der Drahtseile wurde zu 450000 Kilogr., die der Widerlager auf 600000 K. berechnet. Bei einer obrigkeitlich angeordneten Prüfung der Brücke wurde dieselbe durch Ueberführen mit Kiessand allmälig bis auf 58000 Kilogr. belastet, wobei die Senkung des Bogens gemessen

wurde. Sie ging für diese Last bis auf 9 Zoll, dagegen zeigten zwei empfindliche Wasserwaagen, welche auf dem einen Widerlager und auf dem Mittelpfeiler sich befanden, nicht die geringste Aenderung. Endlich brachte man zwei beladene Wagen, die mit ihren Pferden zusammen 7900 Kil. wogen, auf die Brükke, wozu sich noch über 50 Personen gesellten, so dass dieselbe mit 69150 Kil. belastet war. Dessen ungeachtet war weder an den Drahtseilen noch an dem Mauerwerke nur die mindeste Spaltung oder Störung zu bemerken; und als man Tags darauf die Last wieder abräumte, trat auch die Senkung der Ketten wieder bis auf 2 Zolle in ihre vorige Lage zurück. Dieser Bau leistet also den genügenden Beweis, daſs man auch mit Drahtseilen, wie mit Ketten, groſse fahrbare Brücken construiren kann.

Seit der Zeit hat sich die Zahl der Ketten und Drahtbrükken noch bedeutend vermehrt; im St. Petersburg allein befinden sich gegenwärtig fünf Drahtbrücken, von denen zwei für Fuhrwerke bestimmt sind, und bis 97800 Kilogr. tragen. In Wien ist durch die Errichtung der Sophienbrücke die Bahn für diese Constructionen gebrochen. Auch in England und America ist die Zahl der Kettenbrücken zunehmend. Die Fortschritte der Mechanik und besonders der Siderotechnik werden allmählig auch in den übrigen Theilen Europas eine Veranstaltung verbreiten, welche eine der nützlichsten Früchte der Thätigkeit unsers unternehmenden Zeitalters ist.

Allgemeine Bemerkungen.

Es kann nicht die Absicht dieser Darstellung seyn, eine vollständige Anweisung zum Bau der Hängebrücken zu geben: diese findet der Wiſsbegierige in dem geschichtlichen Details über die bisher erbauten Ketten- und Drahtbrücken, deren Literatur am Schlusse dieses Artikels gegeben ist, vorzüglich in dem für diesen Gegenstand classischen Werke von Navier, denjenigen von Düfour, Séguin und Freiherrn von Mitis. Aus der Geschichte der Hängebrücken ergiebt sich auch zuvörderst, daſs diejenige Construction, bei welcher der Fahrweg an einzelnen, von einem Gerüste am Ufer ausgehenden, Radien oder Schrägbändern aufgehängt ist, wegen der ungleichen Anspannung der Letztern keine Sicherheit gewähre, und daſs diese nur von einer, beide Ufer vereinigenden, biegsamen Li-

nie erwartet werden kann, welche nach Art der *Kettenlinie* gekrümmt ist. Schon Galilei kannte dieſelbe, und machte auf ihre nahe Uebereinstimmung mit der Parabel aufmerkſam, ohne ſich jedoch in eine mathematiſche Unterſuchung derſelben einzulaſſen [1]. Später bemerkte Joh. Joachim Jung von Hamburg, daſs die Kettenlinie eine von der Parabel verſchiedene Linie ſey, und im J. 1690 ſtellte Jac. Bernoulli in den Actis Eruditorum nach damaliger Uebung die Theorie derſelben als ein Problem auf, das durch Leibnitz und Joh. Bernoulli gelöſt [2] ward. Im J. 1697 wurde eben dieſes von David Gregory [3] verſucht, der zuerſt die Tauglichkeit der umgekehrten Kettenlinie für ſteinerne und hölzerne Brückenbogen bemerkte; Euler's [4] allgemeine Theorie der Spannung eröffnete endlich den einfachſten Weg zur vollſtändigen Beſtimmung dieſer Linie.

Theorie und auch die von Galilei ſelbſt angerufene Erfahrung zeigen, daſs die Kettenlinie, wenn die Entfernung ihrer feſten Punkte gegen ihre Senkung ſehr groſs iſt, wie dieſes gerade bei den Hängebrücken ſtatt findet, ſehr wenig von der Cykloide und auch von der Parabel abweiche. Da überdem die Kette hier nicht freiſchwebend erſcheint, ſondern durch den angehängten Brückenweg in allen Theilen einen nahe gleichen ſenkrechten Zug erleidet, ſo entfernt ſich ihre Geſtalt von der eigentlichen Kettenlinie und geht wirklich in die Parabel über,

---

1 Allzubeſtimmt wird beinahe in allen Lehrbüchern ausgeſprochen, daſs Galilei die Kettenlinien mit der Parabel *verwechſelt* habe. Indem er die paraboliſche Bahn geworfener Körper unterſucht, zeigt Galilei aus der Senkung einer ſchweren Kette, und der Unmöglichkeit, ſie genau horizontal und geradlinigt auszuſpannen, auch die Unmöglichkeit eines geradlinigten horizontalen Schuſſes. Eine auf ein Bret gezeichnete Parabel, den Scheitel nach unten gekehrt, ſey mit der Bahn einer aufgehängten Kette *ſehr nahe* übereinſtimmend, und die Anpaſſung ſey um ſo genauer, je flacher der Bogen, oder je ausgeſpannter die Kette ſey; für Elevationswinkel unter 45° fallen dieſe Curven *quaſi ad unguem* zuſammen. Die Kettenlinie biete alſo für die Praxis ein bequemes Mittel dar, die Puncte verſchiedener Parabeln auf einer Tafel ſchnell zu beſtimmen. S. Galilei Opere. T. III. p. 169. Edit. von Padua. 1744.

2 Bernoulli Opera. T. I. p. 48. u. III. p. 491.

3 Philos. Trans. Abridged. I. p. 39.

4 Novi Comment. Petropol. T. XV. u. XX.

sie ist nur Kettenlinie, wenn das Gewicht des Brückenweges gegen dasjenige der Kette Null ist, und umgekehrt wird sie zur völligen Parabel, wenn die Schwere der Ketten gegen das der Last der Brücke selbst nicht in Betracht kommt. Das Letztere ist, wenn auch nicht immer, doch bei weitem am häufigsten der Fall, und so kann man bei der Berechnung der einzelnen Bestimmungsstücke statt der unbequemen Ausdrücke, welche die strenge Theorie der Kettenlinie liefert, die einfachern der Parabel in Anwendung bringen. Ueberhaupt müssen alle Verhältnisse nicht nach einer theoretischen Annahme der einen oder andern Curve, sondern mit sorgfältiger Rücksicht auf den definitiven Zustand des Ganzen berechnet werden. Hierher gehört namentlich die Berechnung der Tragstangen, deren Länge bei der Anwendung im Groſsen nach der einen oder andern Theorie beträchtlichen Verschiedenheiten unterworfen ist[1]. Immerhin liefert die gemeinsame Theorie dieser Curven einige wichtige Hauptsätze, welche bei Constructionen dieser Art zum Grunde gelegt werden müssen, deren Beweis in den betreffenden Lehrbüchern nachgesehen werden kann:

1. Die Gewalt, mit welcher die Kette *in horizontaler Richtung* auszuweichen strebt, ist in allen Theilen derselben gleich groſs, und der Spannung im Scheitel gleich.

2. Die Gewalt, mit welcher die Kette in irgend einem Puncte *nach verticaler Richtung* zu zerreiſsen strebt, ist gleich dem Gewichte der Kette von diesem Punkte an bis zum *Scheitel*.

3. Die *Spannung am Scheitel* oder die horizontale Spannung steht bei gleichen Spannweiten im umgekehrten Verhältniſs mit der Tiefe des Bogens oder dem Pfeile von der Chorde nach der Mitte desselben.

4. Sie wächst hingegen nach den Quadraten der Spannweiten.

5. Am Scheitel ist die Spannung am kleinsten, und sie

---

1 Séguin umgeht die Berechnung der Länge der Tragstangen durch ein praktisches Verfahren. Nachdem eine der Ketten aufgehängt ist, spannt er einen feinen Draht als Abscissenlinie genau in der Richtung des Fahrwegs, und bestimmt von diesem aus die Ordinaten nach der Curve hin durch directe Messung, deren Ergebnisse jedoch später nach Belastung der Curve einer Berichtigung unterworfen seyn möchten.

wächst mit der Abscisse vom Scheitel an gerechnet; sie ist daher am Aufhängepuncte am gröſsten.

6. Für jedes Bogen-Element ist sie proportional der Cosecante des Winkels, den dasselbe mit der Horizontallinie bildet; daher bei flachen Bogen die Spannung auſserordentlich groſs wird.

7. Die Spannung einer Stelle in der Kettenlinie ist der Quadratwurzel aus ihrem Krümmungshalbmesser proportional, sie ist daher vom Scheitel an zunehmend.

8. Die horizontale Spannung verhält sich wie der Krümmungshalbmesser am Scheitel und wird durch das Gewicht einer Kette gemessen, die mit diesem Krümmungshalbmesser einerlei Länge hat, und vom gleichen Querschnitt mit der Kette am Scheitel ist. Nun ist in der Parabel der Krümmungshalbmesser genau dem halben Parameter gleich, und somit ist nach der bekannten Gleichung dieser Curve $y^2 = px$, die horizontale Spannung $Q = \frac{1}{2}p = \frac{y^2}{2x}$. Bezeichnet y die halbe
Fig. 4. Spannweite $\frac{1}{2}W$, und x den Pfeil f, so wird $Q = \frac{W^2}{8f}$, und da W eigentlich das Gewicht eines Prisma ausdrückt, dessen Basis der Querschnitt der Brücke in der Gegend des Scheitels (Ketten und Fahrweg zusammengenommen) und dessen Höhe die Spannweite ist, so ist die horizontale Spannung dem Gewichte der ganzen Brücke gleich, wenn die Senkung der Kette den achten Theil der Spannweite beträgt. Ist $f = \frac{W}{n}$, also $W = nf$, so wird $Q = \frac{nf \times nf}{8f} = \frac{nW}{8}$. Wird z. B. der Pfeil nur halb so groſs ($\frac{1}{16}$ der Länge) also $n = 16$, so wird die horizontale Spannung $= 2W$, d. h. doppelt so groſs als das Gewicht der Brücke. Hierbei ist jedoch noch dasjenige Gewicht der Kette auſser Acht gelassen, das vom Ueberschuſs der Bogenlänge über die Spannweite herrührt, und welches selten mehr als $\frac{1}{400}$ der ganzen Last ausmacht. Sind also beide, der Fahrweg und die Ketten durchgängig von gleichförmigem Querschnitte, so ist die Spannung am Scheitel dem Gewichte des Ganzen gleich, wenn $f = \frac{1}{8}W$, und sie verändert sich im umgekehrten Verhältniſs mit der Senkung f.

Diesen allgemeinen theoretischen Sätzen lassen sich aus

Navier's vollständiger Untersuchung des Gegenstandes noch einige andere über die verticalen und lateralen Schwankungen eines solchen Systems, so wie über seine Längenschwingungen beifügen, die jedoch durch die verschiedene Solidität der Construction wesentlich modificirt werden. Wenn auch das Nachgeben und die Biegsamkeit eines Systems bei einem allzustarken Impuls das Zerbrechen hindert, so wirkt auf der andern Seite eine allzugroſse Beweglichkeit und das Hin- und Herarbeiten abnutzend und zerstörend auf die einzelnen Theile und und ihre Verbindung. Aus diesem Grunde, da die Schwankungen der Ketten im geraden Verhältniſs der Quadratwurzel des Pfeiles und im umgekehrten der Spannweite stehen, dürfte es gerathener seyn, die *Senkung* im Verhältniſs der Spannweite *in so weit zu vermindern*, als es die dadurch vergröſserte horizontale Spannung nur immer gestattet, und dagegen zu diesem Ende die Stärke der Tragketten zu vermehren[1]. Nicht minder wichtig ist es auch, dem *Fahrwege*, sey es durch die Einrichtung seines *Geländers* oder durch ein leichtes Sprengwerk die *möglichste Steiſigkeit* zu verschaffen, und somit sowohl die localen Eindrücke einer beweglichen Last auf das Ganze zu vertheilen, als auch den Seitenbiegungen der Brücke, welche von Windstöſsen auf sie ausgeübt werden, entgegen zu wirken[2]. Auch das Gewicht des Fahrwegs, welcher durch seine Construction oder durch Bedecken mit Kiessand erhöht werden kann, trägt wesentlich dazu bei, das Ganze gegen die Einwirkung der zufälligen *Lasten* unempfindlicher zu machen. Wenn auch eben dieses eine vermehrte Stärke der Tragketten erforderlich macht, so wird dagegen, zumal bei gröſseren Brücken an Sicherheit und Dauerhaſtigkeit wesentlich gewonnen.

Die *Tragpſeiler* der Ketten können für leichte Brücken von Zimmerwerk, für gröſsere von Guſseisen oder Mauerwerk gemacht werden. Sie bilden entweder bloſse Säulen, oder eine Masse breiter als die Brücke selbst, durch welche ein Thorweg auf diese hinführt. Die letztere Construction, wenn sie auch

---

1 Bei den americanischen Kettenbrücken ist die Senkung meist $\frac{1}{7}$ der Spannweite, bei den Englischen etwa $\frac{1}{15}$.

2 Wie Brunel's Versuch, durch einen, nach Dufour's Vorschlag, *unter* dem Fahrweg zu beiden Seiten fortgeführten, *nach oben convexen* Kettenbogen die Steifigkeit der Ersten zu bewirken, sich bewährt habe, ist noch nicht bekannt geworden.

etwas schwerfällig aussieht, dürfte doch durch ihre Solidität für gröſsere Brücken sich empfehlen. *Eine bedeutende Ausdehnung der Basis* dieses Mauerwerks, seyen es Säulen, Pyramiden oder Prismen, oder eine groſse cubische Masse ist unerläſslich, um dem mächtigen Seitenzuge zu widerstehen, und durch eine hinreichende Zurücksetzung des Schwerpunctes jede Umwälzung unmöglich zu machen. Diese Vorsicht wird besonders nothwendig, wenn man die Spannketten sogleich hinter ihrem Auflagepunkte senkrecht herunterführt, und sie dort entweder an Felsen oder groſsen Steinblöcken anhaftet, oder in eine Art Keller hinabgehen läſst, wo sie unter dem Gemäuer befestigt werden. Obwohl hier der senkrechte Zug der Spannketten jede Umstürzung unmöglich macht, so wird dagegen dem beinahe horizontalen Seitenzug der Tragketten, und der Verschiebung durchaus kein anderer Widerstand entgegengesetzt, als welchen die Solidität des Gemäuers leistet, daher diese Leitung der Spannketten bei Säulen von geringer Basis Gefahr bringen würde. Daſs hierbei überhaupt auf eine hinreichende *Befestigung des Ufers*, da, wo sie nicht von Natur gegeben ist, durch ein tiefgehendes Pfahlwerk gesehen werden müsse, bedarf keiner Erinnerung.

Die sicherste Unterstützug der Ketten bleibt immer diejenige, wo sie dergestalt über die Tragpfeiler hin gezogen werden, daſs sie *zu beiden Seiten gleiche Winkel* bilden. In diesem Falle wird der Druck, den sie ausüben, ganz senkrecht, und insofern nur das Fundament fest ist, so wird auch eine weniger massive Unterstützung doch keinen Unfall besorgen lassen. Um dabei jeden Seitenzug zu verhindern, sollte man auch die, von starker Belastung oder durch Wärmeausdehnung bewirkte Reibung der Ketten auf der Unterlage dadurch beseitigen, daſs man sie über Rollen oder Sectoren gehen läſst, deren Axen auf dem Gemäuer liegen. Die Kleinheit des Winkels, welchen in dem angenommenen Falle die Spannketten mit dem Boden bilden, setzt ihren Befestigungspunct weiter landeinwärts, und macht es möglich, sie nicht durch die bloſse *Beschwerung* mit einer groſsen Steinmasse zu sichern, sondern ihrer Verrückung auch den unermeſslichen Widerstand entgegen zu setzen, welchen die Unverschieblichkeit und Incompressibilität einer auch nur mäſsigen Erdmasse (z. B. beim Ankern der Schiffe oder bei der Befestigung der Erdwinden) leistet. In

dieser Beziehung ist die von Brunel bei der Brücke auf Bourbon und die von Telford bei der Bangor- oder Menai-Brücke gewählte Anordnung, bei welcher die Ketten mit ihren Scheitelpuncten die Ufer berühren, des horizontalen Zuges wegen besonders vortheilhaft, indem dadurch bei einiger Hineinführung der Ketten ins Ufer die Erbauung der kostbaren Widerlager groſsentheils beseitigt wird. Eben dieses läſst sich auch dadurch erreichen, daſs man die Ketten *unter* dem Fahrwege aufhängt, und diesen auf jene hinstellt. Hierbei wird jedoch durch die bedeutende Dicke, welche den verticalen Tragstangen gegeben werden muſs, das Gewicht beträchtlich vermehrt; die tiefhängende Kette versperrt die Fahrt, und die Brücke dürfte bei starkem Winde nachtheiligen lateralen Pendelschwingungen ausgesetzt seyn. Fig. 5.

Das *beste Material* für die Construction dar Hängebrücken bleibt immerhin das geschmiedete Eisen: seine Stärke muſs jedoch bei jedem Baue durch eine besondere Vorrichtung geprüft werden [1], und man ist übereingekommen, die Belastung desselben nur auf ein Drittel der Kraft gehen zu lassen, welche erforderlich ist, dasselbe zu zerreiſsen, indem bei dieser Anspannung das Eisen seine vollkommene Elasticität behält, und die Anordnung seiner innern Theile noch nicht verändert wird [2]. Die Erfahrung an den Chinesischen Kettenbrücken, und an andern frei aufgehängten eisernen Ketten, leisten hinreichende Beweise für die Dauerhaftigkeit dieses Stoffes, wenn er nicht mit oxydirenden Substanzen, oder etwa mit Metallen, die einen galvanischen Proceſs in demselben hervorrufen, in Verbindung kommt, ein Umstand, der besonders beim Befestigen der Eisentheile an die Erde (z. B. bei dem Eingieſsen mit Blei) zu berücksichtigen ist.

Noch scheint es nicht ausgemacht, ob von den beiden Arten von Hängebrücken die eine einen entschiedenen Vorzug vor der andern habe. In England ist, zumal für die gröſseren

---

1 Man sehe hierzu die Apparate von Rennie in den Philos. Trans. f. 1818. (ann. de Chimie Sept. 1818.); die von Dufour u. Mitis in den unten benannten Werken. Vergl. Th. II. S. 137. dieses Wörterbuchs.

2 Sehr viele Angaben über die Stärke des Eisens findet man in Navier's Résumé des leçons données à l'école roy. des ponts et chaussées; Mécanique. T. I. Paris. 1826. 8.

Brücken, die Methode der *Ketten* vorherrschend, indem daselbst nur etwa drei, und zwar nur für Fuſsgänger von Draht gemacht worden sind; und es ist nicht zu leugnen, daſs diese Entschiedenheit von Seite so kenntniſsreicher, alle ihre Einrichtungen so wohl in Beziehung auf Zweckmäſsigkeit als Kostenersparung so wohl ponderirender Mechaniker hierin von groſsem Gewichte ist. Dagegen haben die Gebrüder Séguin in Frankreich den Thatbeweis geleistet, daſs man auch solide fahrbare *Drahtbrücken* bauen könne, und eben dieses wird auch durch ähnliche Constructionen in St. Petersburg dargethan. Die Sache kann unter verschiedenen Gesichtspuncten betrachtet werden, deren gegenseitige Abwägung zum Theil durch örtliche Verhältnisse bestimmt werden kann: 1. „Von Seite der *Stärke und Dauerhaftigkeit;* 2. in Beziehung *auf leichte Verfertigung oder Ausbesserung*, und 3. in Rücksicht auf *Wohlfeilheit.*“ In Betreff der *Stärke* zeigen die Versuche von Séguin und die von Dufour, daſs gezogener unausgeglühter Draht verhältniſsmäſsig bedeutend stärker ist, als Stangeneisen, und daſs diese Stärke bei feinerem Drahte zunimmt. Auch haben nach Dufour's Erfahrung, die aus vielen Drähten zusammengesetzten Taue eben so viel Stärke, als die Summe der einzelnen Drähte ausmacht [1]. Gegen die Oxydation werden dieselben durch fleiſsiges Bedecken mit Firniſs hinreichend geschützt. Vielleicht dürfte in der Folge die von dem Genfer Künstler Dahier mit Erfolg versuchte Ueberzinnung der Taue, und nachherige Glättung durch den Drahtzug eine vollständige Sicherung gewähren. Das Unbequemste wäre wohl die Steiſsigkeit solcher Taue bei verstärktem Durchmesser. Daſs in denselben einzelne Drähte unbemerkt reiſsen sollten, ist nicht zu befürchten, wenn man sie, wie Dufour that, vor der Vereinigung einzeln einer doppelt so groſsen Anspannung aussetzen würde, als ihre spätere Tragkraft erheischt. Die Leichtigkeit mit welcher sol-

---

1 In Cordiers Ponts et Chaussées wird von einem Englischen Ingenieur Samuel Ware die Stärke des Eisendrahtes von $\frac{1}{2}$ Zoll Dikke derjenigen des Stangeneisens gleich gesetzt, und die Stärke eines Drahttaues zu der Summe der Kraft seiner einzelnen Drähte wie 40 zu 65 angenommen; doch ohne nähere Angaben. Séguin hat durch directen Versuch nur $\frac{1}{143}$ Unterschied zum Nachtheil des Drahtseiles gefunden.

che Drahtseile verfertigt werden können [1], die bedeutende Länge von 60 bis 100 Fuſs, die man auf einmal erhält, der Umstand, daſs Alles kalt bearbeitet werden kann, ist entschieden zu ihren Gunsten; da hingegen bei den Ketten die Enden der Stangen geschmiedet, gebohrt, zur bestimmten Länge ausgestreckt, in genaue Gelenke gepaſst, und mit gedrehten Bolzen verschraubt werden müssen. Bei diesen ist jedoch die Befestigung der verticalen Tragstangen sicherer und leichter, als bei den Drahtsäulen, wo sie nur durch einen das Seil umgebenden Wulst von Draht in ihrer Stelle gehalten werden. Wenn überdem nach Dufour's und Séguin's nicht zu bezweifelnden Angaben die Stärke des Drahtes zu derjenigen des Stangeneisens sich nahe wie 3 zu 2 verhält (indem ein Quadrat-Millimeter des erstern bei 63, des letztern bei 42 Kilogrammen zerreiſst), so ist auch die *Wohlfeilheit*, sowohl in Beziehung auf das Quantum des Materials, als auf den Arbeitslohn ganz auf Seite der Drahtseile. Dagegen ist nicht zu leugnen, daſs bei gehöriger Einrichtung auch die Verfertigung von Ketten, wegen der Gleichheit ihrer einzelnen Bestandtheile ziemlich geschwind von statten gehen kann, daſs man ihre Gröſse jedem auch noch so hohen Bedürfnisse anpassen kann (ein Umstand, der bei den Drahtseilen doch gewisse Grenzen finden dürfte), daſs man zu keiner Zeit etwa von verborgenen Fehlern zu befürchten hat, und daſs bei eintretenden Reparaturen jedes einzelne Glied leicht herausgenommen werden kann, während dem die Beschädigung eines Seiles mehr Kosten und Mühe verursacht. Nur ist bei diesem System *sehr genaue Arbeit* eine wesentliche Bedingung; da hingegen das der Drahtseile eine weniger sorgfältige Ausführung erfordert. Wenn daher das Erstere für alle und jede noch so sehr ins Groſse gehende Unternehmungen dieser Art seinem Zwecke genügen kann, so wird das Letztere bei ungleich geringerm Aufwande dennoch für die gewöhnlichen Fälle der Brücken für Fuſsgänger und leichte Fuhrwerke gute Dienste leisten, und diese Kostenersparung ist hier oft um so wichtiger, als die meisten Unternehmungen dieser Art nur von Privaten, oft auf ein sehr mäſsiges Brückengeld hin gemacht werden müssen.

---

1 Nach Dufour verfertigten drei Arbeiter in 8 Stunden 36 Mètres Drahtseil von 90 Drähten.

Noch ist die Einführung der eisernen Hängebrücken neu, um über ihre Tauglichkeit ein entscheidendes Urtheil fällen. Die Zeit wird lehren, ob die anscheinende Wohlf heit mit ihrer Dauer in einem günstigen Verhältnisse ste So wie ihr Princip von dem der steinernen und hölzern Brücken wesentlich verschieden ist, so muſs es auch ihre A wendung seyn. Für kürzere und stark befahrene Uebergä werden die bisherigen Constructionen immer vortheilha seyn, und nur, wo diese nicht zureichen, bei allzu kostba oder schwierigen Wasserbauten, beim Uebersetzen über br und tiefe Klüfte und namentlich etwa für Wasserleitungen dü ten die Hängewerke ihren überwiegenden Vorzug bewähren

H.

Härte.

Durities; Dureté; *Hardness*, *rigidity*.

Die Härte der Körper steht der *Weichheit* entgegen, u bezeichnet also eine relative Eigenschaft derselben, für welc kein absolutes Maſs existirt, indem vielmehr jeder Körper i

---

1 Zur Literatur dienen Edinb. philos. Journ. X, XI, X Edinb. Journ. of Science No. V. Bibl. univers. sc. et arts X XXIII, XXX, XXXI. Hauptsächlich Navier Rapport et mémoire les ponts suspendus. 1824. 4. avec atlas. Ferner Dupin Voy. dans gr. Bretagne. Force commerciale av. atlas. Cordier ponts et cha sées. 1823. 8. av. atlas. Ign. von Mitis, die Sophienbrücke Wien. 1826. 8. Atlas. J. L. Spaeth über d. Tragbarkeit der Uni Kettenbrücke in Dingler's polytech. Journ. XXVII. Description the iron bridges of suspension over the strait of Menai at Bang and over the river Conway in North Wales. 1824. 8. Philos. Tra f. 1827. Ueber Drahtbrücken insbesondere: Dufour Descr. d' pont suspendu en fil de fer. 1824. 4. u. nach diesem C. F. W. Br der Bau der Hängebrücken aus Eisendraht. 1824. 8. Séguin l'aîn des ponts en fil de fer. Sec. Ed. 1826. 4. Bulletin de la Soc. d'E courag. No. 248. über die Draht-Kettenbrücken von Delessert Cassy u. Larochefoucold zu Liancourt. Zwei schöne Engl. Kupfe stiche, die Unionbrücke und die Bangorbrücke darstellend. J. G. Die Kettenlinie und ihre Anwendung im Allgemeinen, insbes. zu Theil auf Ketten-Hängebrücken. 1826. 8. Beitrag zum Bau d Kettenbrücken, welche in der Mitte mit einem beweglichen Brücke theile zu einer Durchfahrt eingerichtet sind. 1826. 4. In dies Schrift wird das miſsliche System der Radien oder schrägen Suspe sorien empfohlen.

hart oder weich in Verhältniſs zu irgend einem andern Körper genannt wird. Der specifische Charakter der Härte besteht darin, daſs die Theile der Körper dem Eindringen jedes andern Körpers, der Trennung von einander, oder der Verschiebung aus ihrer Stelle einen groſsen Widerstand entgegensetzen, dagegen selbst in die Theile weicherer Körper einzudringen, sie zu trennen oder zu verschieben vermögen; mit einem Worte: ein Körper ist härter als ein anderer, wenn er diesen ritzt, selbst aber durch diesen nicht ritzbar ist, in welcher Beziehung insbesondere die Mineralogen diese Eigenschaft als Kennzeichen der Fossilien benutzen.

Bleiben wir zuvörderst bloſs bei den Thatsachen stehen, so sind einige Körper allezeit härter als andere, so daſs ihnen diese Eigenschaft ohne Widerrede zukommend beigelegt werden muſs. So ist das Eisen härter als Blei, die kieselerdehaltigen Steine sind meistens härter als die kalkerdehaltigen, die unorganischen härter als die organischen. Inzwischen gehen die nämlichen Körper unter verschiedenen Bedingungen vielfältig in den Zustand gröſserer Härte über, und dieses zuweilen in einem wahrhaft unglaublichen Grade. Bei organischen Substanzen geschieht dieses meistens durch gröſsere Näherung der Elemente und Entfernung der sie trennenden Flüssigkeiten; so erhärtet der Pflanzensaft zur harten Holzfaser, das Firniſs, das im heiſsen Wasser gelösete Stärkemehl, der thierische Leim u. s. w. gehen durch Austrocknung in den Zustand bedeutender Härte über, und ein ähnliches Verhalten zeigt sich bei der Bildung der Knochen, der Nägel, Klauen, Hörner und insbesondere der Zähne, deren Schmelz einen der härtesten, zuweilen fast dem Angriffe einer Feile widerstehenden und durch Eisen nicht ritzbaren Körper darbietet. Verschiedene unorganische Körper werden härter, wenn ihre Theile einander näher gebracht oder sie dichter werden, und ohne Zweifel ist dieses bei allen der Fall, wozu bei einigen noch die Entfernung der Feuchtigkeit eine bedeutende Vermehrung der Härte herbeiführt. Letzteres ist insbesondere der Fall bei dem weichen Thone, welcher durch Austrocknen und Brennen zu dem oft ausnehmend harten Porzellane wird. Mehrere Metalle werden härter durch Hämmern, Walzen u. dgl., z. B. Silber, Messing, Kupfer und Eisen, gehen aber durch Glühen und langsames Erkalten wieder in den Zustand gröſserer Weichheit über. Bei Eisen und Stahl

besteht ein gewöhnliches Mittel des Härtens darin, daſs man dieselben erhitzt und dann schnell abkühlt, wobei indeſs das Eisen nur auf der Oberfläche bedeutend härter, im Ganzen aber spröder wird, der Stahl aber durchaus einen der Differenz zwischen der anfänglichen Hitze und der plötzlich erzeugten Abkühlung proportionalen Grad der Härte annimmt. Insgemein geschieht das Härten dadurch, daſs er bis zum Dunkelrothglühen erhitzt und dann schnell in kaltes Wasser getaucht wird; ist aber der Stahl an sich schon von einer harten Sorte (indem es in dieser Hinsicht sehr verschiedene Arten giebt), so wird er zugleich ausnehmend spröde, mithin wegen seiner Zerbrechlichkeit für den technischen Gebrauch minder geeignet, und man muſs die aus ihm verfertigten Werkzeuge daher wieder anlassen, d. h. allmälig bis zu einem geringeren oder gröſseren Grade der Wärme erhitzen, welcher durch die auf seiner Oberfläche erscheinende Farbe bestimmt wird. Der geringste Grad des Anlassens, wobei Härte und Sprödigkeit nur wenig gemildert werden, geht bis zur hell-strohgelben Farbe, ein weiterer dann zur dunkelgelben, zur karmesinrothen, violetten, dunkelblauen und grau-schwarzen, bei welcher fast alle Härtung wieder aufgehoben ist. Diese Farben der Oberfläche sind Folgen einer anfangenden oder weiter fortgesetzten Oxydirung einer verschwindend dünnen Metallschicht[1]. In manchen Fällen giebt man dem Stahle die zum Federn erforderliche Härte, indem man ihn bis nahe zum Glühen erhitzt und dann in Oel taucht oder ihn mit Unschlitt bestreicht (das sogenannte Abbrennen), welches sich anfangs entzündet, im Ganzen aber eine langsamere Abkühlung bewirkt, als das Eintauchen in Wasser, weil Oel und Unschlitt eine geringere Wärmecapacität haben als Wasser, und durch den heiſsen Stahl auf eine höhere Temperatur gebracht werden, als dieses beim Wasser möglich ist, welches noch obendrein durch die Dampfbildung eine unglaubliche Wärme plötzlich entzieht und dadurch eine sehr schnelle Abkühlung bewirkt. Hierzu kommt noch, daſs das Fett die Oberfläche des Stahles gegen eine weitere Verbrennung schützt und die Trennung des Kohlenstoffs von derselben verhütet, somit also die Verwandlung des Stahls in Eisen hindert. Auf gleiche

1 Vergl. *Eisen* Th. III. S. 161. Fusinieri in Brugnatelli Giorn. Dec. II. II. 145. Davy in Gilb. Ann. LI. 206.

Weise pflegen die Künstler, z. B. die Uhrmacher und Mechaniker, die Spitzen der feinen Bohrer auf eine solche Weise zu härten, daſs sie mit einem Löthrohre die Lichtflamme dagegen blasen, sie dadurch glühend machen und dann schnell in das Unschlitt des Lichtes oder das Oel der Lampe tauchen. Nach einer mündlichen Mittheilung des Dr. Eimbke in Hamburg pflegt der bekannte Mechaniker Repsold den Spitzen der Bohrer eine auſserordentliche Härte dadurch zu geben, daſs er sie in Quecksilber ablöscht [1].

Die Härte der Körper wird ferner bedingt durch ihre Verbindung mit andern Körpern, wobei jedoch so viele Abweichungen von einer allgemeinen Regel stattfinden, daſs man eine solche kaum oder überall nicht aufzustellen vermag. Am natürlichsten und einfachsten würde es seyn, wenn die Härte zweier verbundener Substanzen das arithmetische Mittel derjenigen der einzelnen wäre, und so ist es auch ziemlich genau bei den Verbindungen des Goldes mit Silber und Kupfer, des Zinns mit Blei; allein diesem gänzlich widersprechend ist es, daſs das zähe und mäſsig harte Kupfer mit dem härteren Zink verbunden das sehr weiche Messing und mit dem weichen Zinn vereinigt nach dem Verhältniſs der Mischung, z. B. 5 zu 1 das harte Glockengut und 2 zu 1 das noch ungleich härtere Spiegelmetall liefert. Das Eisen wird durch einen Zusatz von 0,01 Kohlenstoff zum harten Stahl und von 0,02 bis 0,04 derselben *Substanz* zum noch härteren Guſseisen, indem letzteres zwar nicht eigentlich gehärtet, aber rasch gekühlt, von den besten englischen Feilen nicht angegriffen wird. Dieses Verhalten ist übrigens aus der groſsen Härte des reinen Kohlenstoffs in Diamant leichter erklärbar, als daſs das Eisen durch einen unbedeutenden Zusatz von Alumium und Silicium, desgleichen von Chrom, Silber, Platin u. s. w. merklich härter, ja sogar mit

---

1 Die mancherlei Arten des Verfahrens beim Härten des Stahls findet man in den Werken über die Bereitung desselben. Zur gleichmäſsigen Verbreitung der Wärme schlägt Nicholson vor, ihn auf einer erhitzten Bleimasse schwimmend bis zur erforderlichen Temperatur zu erhitzen. Vergl. Lydiatt. in Nichols. Journ. of Nat. Phil. 1814. N. 156. G. LI. 203. Encyclop. meth. Art. Acier. T. I. p. 436. Praktische Anweisung zum Härten des Stahls von Prechtl findet man im Jahrb. des polyt. Instit. I. 194.

Schwefel verbunden im Schwefelkies so hart wird, daſs letzterer zum Feuerschlagen mit Stahl geeignet ist.

Ein mit der Härte der verschiedenen Körper nahe verwandtes Phänomen wurde vor einigen Jahren zufällig entdeckt und irt seitdem vielfältig besprochen. Man setzt nämlich mit Grunde voraus, daſs der härtere Körper den weicheren schneidet, ritzt oder zerstört, wie dieses auch in der Regel der Fall ist. Als Ausnahme von dieser Regel sind einige früher bekannte Thatsachen zu betrachten, daſs nämlich beim Schleifen scheinbar weichere Körper von den härteren allmälig Partikelchen wegreiſsen, wie z. B. in den Cylinderuhren die weicheren Zähne des Rades in den stark gehärteten Cylinder einschneiden und das Leder eines Streichriemens Stahlpartikelchen von den Rasirmessern abzureiſsen pflegt. Allein dieses geschieht nur dann, wenn von den Schleif- und Polir-Mitteln kleine Theilchen zurückgeblieben sind oder die Staub-Partikelchen dergleichen darbieten, welche wegen gröſserer Zähigkeit und Weichheit sich in die minder harten Körper eindrücken, dort zurückgehalten werden, hierdurch als Schleiſmittel dienen, neue Theilchen losreiſsen, und durch diese dann vermehrt die härteren Körper angreifen. Hiernach also kann den weicheren Theilen nicht selbst und unmittelbar die Fähigkeit des Einschneidens in härtere beigelegt werden. Dennoch aber ist ein solches allerdings unter geeigneten Bedingungen sehr wohl möglich. Barnes und Perkins nämlich wollten eine schnell um ihre Axe laufende Scheibe von weichem Eisen mit einer Feile etwas kleiner machen, und fanden zur ihrer groſsen Verwunderung, daſs die Scheibe ganz unversehrt blieb, die Feile dagegen angegriffen wurde. Es ergab sich bald, daſs die nächste Ursache hiervon in der schnellen Bewegung der Scheibe zu suchen sey, und als sie diese noch vermehrten, wurde die Feile unter Funkensprühen gänzlich durchschnitten, die Scheibe aber nicht kleiner und bloſs an ihrem Rande bedeutend härter [1]. Die Sache machte Aufsehen, und wurde zuerst daraus erklärt, daſs die schnelle Bewegung der Scheibe den Stahl der Feile sehr heiſs mache, während sie selbst bei dem steten Wechsel neuer Berührungspuncte kalt bleibe, und auf diese Weise selbst härter als die sehr erhitzte Stelle der Feile diese zu schneiden in den Stand

1 Journal of Science cet. XVI. 155.

geſetzt werde [1]. Seitdem ist die Erscheinung selbst so oft wiederholt beobachtet, daſs es ganz überflüſsig seyn würde, die übereinſtimmenden Reſultate der zahlreichen Beobachtungen insgeſammt namhaft zu machen. Unter die genaueren gehören die durch Darier und Colladon angeſtellten. Sie nahmen harte Grabſtichel und eine Scheibe von ganz weichem Eiſen. So lange dann der Rand der Scheibe am Grabſtichel mit einer geringeren Geſchwindigkeit als 34,5 Fuſs in einer Secunde bewegt wurde, griff der Grabſtichel das Eiſen an, hörte aber auf, das Eiſen zu ſchneiden, ſobald die Bewegung über dieſe Grenze hinaus ſchneller wurde; erreichte ſie 70 F. in einer Secunde, ſo ſchnitt die Scheibe in den Grabſtichel ein, und zwar mit einer von hier an der zunehmenden Geſchwindigkeit proportionalen Wirkung. Daſs die Erweichung des harten Stahls durch die Hitze der Reibung die Urſache hiervon nicht ſeyn könne, ging daraus klar hervor, daſs bei gehöriger Geſchwindigkeit der Scheibe die Wirkung im erſten Momente der Berührung eintrat, und bei abſichtlich weich gemachten Grabſticheln geringer war. Aus den am Rande der Scheibe ſich anſetzenden Stahlpartikeln iſt die Erſcheinung gleichfalls nicht erklärlich, denn dieſe findet man erſt ſpäter und ihre Menge iſt ſehr unbedeutend. In Gemäſsheit der geſammten Verſuche ſind dieſe Experimentatoren daher geneigt anzunehmen, daſs der Stahl durch das ſchnellbewegte Eiſen zerſchlagen und fortgeriſſen wird, ehe er Zeit hat, in daſſelbe einzudringen. Mit einer Geſchwindigkeit von 130 bis 200 F. in einer Secunde lieſs ſich auch Quarz, Achat u. s. w. etwas ſchneiden. Eine Uhrfeder mit der ſcharfen Kante der Scheibe genähert wird augenblicklich eingeſchnitten, mit der flachen Seite die Scheibe berührend wird ſie glühend. Eine Scheibe aus einer Miſchung von Zinn und Kupfer brachte bloſs ein Zittern in den genäherten Körpern hervor, ein Rad von Kupfer wurde auch bei einer Geſchwindigkeit von mehr als 200 F. Geſchwindigkeit ſtets von den Grabſticheln angegriffen, ſchnitt dagegen andere Körper, welche härter als Kupfer und weicher als Stahl waren. Als eine Merkwürdigkeit wurde noch beobachtet, daſs die Kupferſcheibe mit Stahl keine Wärme gab [2].

---

1 So erklärten die Herausgeber der Ann. de Chim. et de Phys. XXIV. 235.

2 Bibl. univ. XXV. 281.

Es scheint mir im mindesten nicht zweifelhaft, daſs die hier gegebene Erklärung die richtige des Phänomens sey. Um sie deutlicher vorzustellen, wollen wir uns die schnell bewegte Scheibe denken, von welcher ein Theilchen des Randes durch ein Theilchen des Grabstichels getroffen wird. Letzteres würde in diesem Falle das erstere abreiſsen oder zur Seite schieben; allein ehe dieses geschieht, tritt schon ein anderes an dessen Stelle, und wenn daher die Kraft des Stahltheilchens geringer ist als diejenige, welche die Summe der mit ihm in Berührung kommenden Theilchen des Eisens in der zum Abreiſsen erforderlichen Zeit gegen dasselbe ausübt, so muſs es nothwendig selbst fortgerissen oder von der übrigen Masse getrennt werden. Das Phänomen hat also einige Aehnlichkeit damit, daſs das Quecksilber, so leicht es auch sonst jedem Eindrucke eines festen Körpers nachgiebt, mit so auſserordentlicher Gewalt gegen das verschlossene Ende einer luftleeren Röhre schlägt, und diese wenn auch vom dicksten Glase, so leicht zerschellt, mit den Erscheinungen des Wasserhammers und dem bekannten Versuche, daſs man ein Unschlittlicht durch ein tannenes Brett zu schieſsen vermag. Das vorher angenommene Eisentheilchen im Rande der Scheibe bewegt sich nämlich mit einem gewissen Momente der Kraft gegen das Stahltheilchen; welches eine Function seiner Masse und Geschwindigkeit ist, und wenn daher dieses Kraftmoment in Verbindung mit der Cohäsion, mit welcher es mit der Masse des Eisens zusammenhängt, gröſser ist als die Cohäsion des unbewegten Stahltheilchens, so muſs letzteres abgerissen werden. Eine unmittelbare Folgerung aus diesen Versuchen ist übrigens, daſs harte Körper sich am besten durch noch härtere schneiden, reiſsen, stechen und überhaupt bearbeiten lassen, je langsamer sie bewegt werden; daſs dagegen die schneidenden, reiſsenden und überhaupt zerstörenden Körper um so stärker angreifen und so viel wirksamer seyn müssen, je schneller sie bewegt werden. Letzteres ist in der Praxis beim Bohren, Feilen, insbesondere dem Schleifen u. s. w. wichtig, ersteres beim Abdrehen eiserner, guſseiserner und hauptsächlich stählerner Sachen sehr zu berücksichtigen. Geübte Künstler wuſsten dieses unlängst aus eigener Erfahrung, sind aber durch diese interessante Beobachtung aufmerksamer darauf geworden, und wenden die Regel häufiger an, ohne sie, wie früher, gegenwärtig noch unbeachtet zu lassen. So hat namentlich Per-

kins schon das härteste Guſseisen mit stählernen Werkzeugen abgedreht, indem er ihm eine sehr langsame Bewegung von etwa 6 F. in einer Secunde gab [1], und auch diese Geschwindigkeit lieſse sich unter Umständen noch wohl vermindern.

Die Aufstellung einer Tabelle, um die verschiedenen Körper nach dem Grade ihrer Härte in eine Reihenfolge zu ordnen, scheint mir für ihren Zweck zu viel Raum zu erfordern, da dieser kaum ein anderer als ein technischer seyn könnte; in der Mineralogie, worin diese Eigenschaft als Kennzeichen der Körper gilt, findet man dieselbe ohnehin überall angezeigt. Unentbehrlich ist dagegen, die Sache aus dem physikalischen Gesichtspuncte betrachtet, eine Untersuchung über die eigentliche Ursache dieser bei den verschiedenen Körpern so ungleichen Beschaffenheit, obgleich sich schon der Analogie nach voraussehen läſst, daſs ein Versuch dieser Art schwerlich zu einem befriedigenden Resultate führen wird. Die Begriffe der Alten hierüber waren ihrer übrigen Naturkenntniſs ganz angemessen. Nach Aristoteles war die Härte eine secundäre Qualität, weil sie als Folge der Trockenheit einer primären Qualität erschien, nach Epikur und seinen Anhängern folgte sie aus der Härte der Atome, nach Cartesius aus der Ruhe der Theile, und stand in sofern der Flüssigkeit entgegen, welche er mit mehrern andern aus der Bewegung derselben ableitete. Newton hat mehrmals den Satz ausgesprochen, dass er die Atome der Körper für absolut hart halte, und diese Eigenschaft liegt auch so nothwendig im Wesen der Atome, wie man sich dieselben vorstellen muſs, daſs jener groſse Denker weniger consequent hätte schlieſsen müssen, als man dieses an ihm gewohnt ist, wenn er anders hätte urtheilen wollen [2]; allein aus der Härte der Atome kann niemand mit irgend einem Grunde die Härte der Körper ableiten, weil ja alle Atome, auch die der weichen und flüssigen Körper, ihrer Natur nach hart seyn müssen. Dagegen führt Newton die Härte auf die Stärke der Cohäsion zurück, insofern diejenigen Körper die härtesten seyn sollen, deren Atome sich mit den gröſsten Flächen berühren, und eben deswegen bei gleicher

---

1 Gill's Technic. Reposit. 1825. Oct. p. 247.

2 Joh. Bernoulli spricht aus metaphysichen Gründen den Atomen die Härte ab, S. Opp. III, Nro. 135. ch. 1., als ob ein Atom im strengen Sinne des Wortes ohne absolute Härte denkbar seyn könnte.

Stärke der Cohäsion minder leicht trennbar sind. Inzwischen ist die Sache zu schwierig, als daſs diese Erklärung genügen sollte, und sie läſst sich den vorhandenen Thatsachen nach überhaupt nicht auf ein solches allgemeines Princip zurückführen. Zu einer allgemeinen Erklärung reicht die Annahme späterer Naturphilosophen von einer gröſseren oder geringern Menge des in den Körpern vorhandenen und gebundenen Elementarfeuers gleichfalls nicht hin, wenn man hierunter die bekannte Wärme, nicht etwa ein gewisses unbekanntes Princip verstehen will, und eben so wenig der Conflict der einander entgegen wirkenden Dehnkraft und Ziehkraft, wie sich aus den folgenden Betrachtungen von selbst ergeben wird.

Zuvörderst sind Härte und Cohäsion keineswegs identisch, wie nach der zuletzt angegebenen Theorie folgen würde. Der Diamant ist der härteste unter allen Körpern, und dennoch lassen sich, ohne daſs hierüber directe Versuche vorliegen, seine Blätter muthmaſslich leichter trennen, als die Theile des Stahls, welcher von ihm geritzt wird; Guſseisen ist härter als Schmiedeeisen bei geringerer Cohäsion, ein gleiches Verhältniſs findet statt bei Zink und Kupfer, ja der härteste Stahl zeigt geringere Cohäsion, als der angelassene u. dgl. m. Die Härte ist ferner dem specifischen Gewichte, also der gröſsern Nähe der Atome keineswegs proportional, wie schon aus der Vergleichung von Quecksilber und Blei mit Eisen und Kupfer genügend hervorgeht, ja sogar ein Stahlstab wird nach Fortin[1] länger, wenn man ihn härtet, und also specifisch leichter; aber eben so wenig findet ein umgekehrtes Verhältniſs statt, denn Zinn z. B. ist leichter als Kupfer und auch weicher, wie auf gleiche Weise das Kalium u. s. w. Eben so wenig ist Härte der specifischen Wärmecapacität direct proportional, wie schon aus der Vergleichung von Wasser und allen Metallen, noch ist sie derselben umgekehrt proportional, wie aus der des Eisens und Bleies folgt. Endlich findet ein solches constantes Verhältniſs auch rücksichtlich der Schmelzbarkeit nicht statt, denn Blei und Platin sind beide weicher als Eisen, und davon ist das erste weit leichter, das zweite schwerer schmelzbar als das letzte. Wollte man sich die Mühe geben, auf gleiche Weise das elektrische Ver-

---

1 S. G. G. Schmidt Hand- und Lehrbuch der Naturlehre. Gieſs. 1826. S. 34.

halten der verschiedenen Körper, ihren Glanz, ihre Verwandtschaft zum Sauerstoff u. s. w. zu betrachten, so würde man nur noch um so gewisser zu der Ueberzeugung gelangen, daſs die Härte mit keiner dieser übrigen Qualitäten in einem nothwendigen Zusammenhange steht; und daher auch daraus nicht erklärt werden kann. In einigen Fällen ist die gröſsere Härte allerdings eine Folge der einen oder der andern zu den Körpern hinzukommenden Substanz, allein, daſs sie allgemein durch irgend einen bestimmten Stoff erzeugt werden sollte, wie etwa nach früherer Vorstellung durch das Phlogiston, daran wird jetzt niemand ernstlich denken, und auſserdem werden auch die nämlichen Körper ohne das Hinzukommen eines solchen unbekannten Etwas bald mehr bald minder hart, z. B. durch Hämmern oder Ablöschen, im letzteren Falle auch dann, wenn sie mit einem Cement dicht umgeben und gegen den Zutritt eines Körpers von Auſsen gesichert sind.

Im Allgemeinen läſst sich daher nur so viel bestimmt angeben. Gröſsere Härte ist wohl in allen Fällen mit gröſserer Sprödigkeit verbunden, ohne daſs eine Raumverminderung diese begleitet, und daher von dieser Seite betrachtet, eine gröſsere Annäherung der Theile anzunehmen ist. Von der andern Seite aber hebt die vermehrte Wärme die Härte in der Regel auf, und macht die meisten Körper mit Vermehrung ihres Volumens nicht bloſs weich, sondern selbst flüssig, so daſs also eine gewisse Nähe der Theile nothwendige Bedingung der Härte wie der Cohäsion seyn muſs, wobei noch zu berücksichtigen ist, daſs viele Körper durch Hämmern, Pressen und Zusammendrükken härter werden. Nimmt man hinzu, daſs einige Körper, namentlich Glas, Eisen, Stahl, u. s. w. durch plötzliches Abkühlen bedeutend härter und spröder werden, dann aber zugleich eine eigenthümliche Anordnung ihrer Theile zeigen, welches beides durch abermaliges Erhitzen und allmäliges Erkalten wieder aufgehoben wird, so müssen wir nach überwiegenden Wahrscheinlichkeitsgründen annehmen, daſs die Härte ihrem Wesen nach mit der Cohäsion zusammenfällt, und sich also auf eine innigere Berührung der Elemente zurückführen läſst, zugleich aber durch die gleichzeitig entstehende Sprödigkeit limitirt wird, vermöge welcher die in einer gewissen Lage vereinigten Theile keine Verrückung zulassen, ohne getrennt zu werden. Es lassen sich sonach auch diese Erscheinungen füglich mit der Cor-

pusculartheorie vereinigen, und kann hiergegen kein Einwurf darans hergenommen werden, daſs einige Metalle, namentlich das zur Verfertigung des *Gong-Gong* dienende[1], wie überhaupt das Kupfer und die Mischungen desselben, durch plötzliches Abkühlen nicht härter werden, sondern vielmehr weicher als durch langsames Erkalten; denn es darf nicht vorausgesetzt werden, daſs die erhitzten Körper in diesem Zustande gröſserer Ausdehnung gerade eine solche Lage ihrer Theile annehmen, aus welcher durch plötzliches Festwerden eine überwiegende Stärke des Zusammmenhanges hervorgehen müſste, vielmehr kann unter Umständen gerade das Gegentheil statt finden. Diese immerhin noch mangelhafte Erklärung muſs also bis dahin genügen, daſs es uns vielleicht gelingt, tiefer in die Kenntniſs des eigentlichen Wesens der Materie einzudringen.

M.

Hagel.

Steine, Kiese, Schloſsen; *Grando;* **Grêle,** glaçons; *Hail, Hailstones;* nennt man die Eiskörper, welche sehr häufig statt des Regens ungleich an Gröſse und Menge vom Himmel herabfallen, wobei man dann zu sagen pflegt: es *hagelt, schloſset, kieset* und auch wohl es *steinet.* Das ganze oft sehr groſsartige, mitunter unglaublich verheerende, allezeit mit Furcht erfüllende Phänomen des Hagelns muſs zwar aus dem Standpuncte des Physikers betrachtet, sehr interessant seyn, bietet aber zugleich der Schwierigkeiten noch viele dar, und ist bis jetzt keineswegs vollständig erklärt. Zur deutlichen Uebersicht werde ich daher zuerst das Geschichtliche zusammenstellen und dann die Erklärung nachfolgen lassen.

A. Beschaffenheit des Hagels.

1. Eine kenntlich verschiedene Species des Hagels bilden die sogenannten Graupeln (*grando minutissima;* grésil), der Regel nach vollkommen runde, nur selten durch einzelne Hervorragungen von der runden Gestalt abweichende Körner von

---

1 S. Art. *Gong-Gong.*

der Gröſse eines Hirsekornes (0,3 Lin. Durchmesser) bis zu der einer starken Erbse (2 bis 2,5 Lin. Durchmesser). Sie sind allezeit undurchsichtig, mehr oder minder der Weiſse des Schnees sich nähernd, und in den kleinsten Körnern sie erreichend; die gröſsten dagegen nähern sich der Beschaffenheit des Hagels, indem sie einen dünnen Ueberzug von Eis annehmen. Sie scheinen im Ganzen aus einer Menge kleiner Eisnadeln oder aus feinen Schneetheilchen zusammengefügt zu seyn, und zeigen sich daher ungleich hart, indem einige Körner leicht zerreiblich sind, andere dagegen die Härte des Eises fast erreichen. Die kleinsten Körper sind am genauesten kugelförmig, die gröſsern weichen am meisten von dieser Gestalt ab.

2. Der eigentliche Hagel besteht aus verschieden gestalteten meistens rundlichen oder noch mehr paraboloidischen[1] Körpern von der Gröſse einer kleinen Erbse bis einer welschen Nuſs, welche in der Mitte einen den Graupeln ähnlichen Kern von 0,5 bis 1 oder gar 2 Lin. Durchmesser haben[2], nach Auſsen aber durchsichtiges in der Regel wenig blasiges, häufig opakes, fast milchig scheinendes Eis als zusammenhängende Masse, nur selten als concentrische Kringe. Vollkommen rund werden die Hagelkörner selten gefunden, sondern sie haben meistens hier und da Hervorragungen, Eindrücke, zuweilen Blasen u. s. w.[3], auch folgt dieses schon daraus, weil man sie im Fallen nicht füglich auffangen kann, auf dem Boden oder in der Hand aber sogleich eine partielle Schmelzung derselben eintritt. Volta[4] meint, die Hagelkörner seyen niemals rund, sondern zuweilen zusammengedrückt sphäroidisch, zuweilen an einer Seite coupirt und halbkugelartig, zuweilen linsenförmig und mit Facetten, seltener mit Erhabenheiten als Folgen der Vereinigung mehrerer Körner, am häufigsten mit Zusammendrückungen und Vertiefungen durch das Aneinanderstoſsen, durch partielle Schmelzungen oder Vereinigung mit Regentropfen während ihres Falles. Ich selbst habe auſser mehrern kleinern drei groſse und darunter eins der furchtbarsten Hagelwetter erlebt, die in den Annalen der Meteorologie varkommen, habe dann gleich unter-

1 S. Encyclop. Method. Part. Phys. III, 403.
2 Saussure Voy. §. 2075.
3 Musschenbroek Int. II. 117. §. 2394.
4 Journ. de Phys. LXIX. 286. 333.

sucht, und gefunden, daſs in allen unversehrten Körnern der weiſse Kern vorhanden war, indem ich diejenigen, worin dieser sich als Seltenheit nicht fand für zerschlagene und durch Schmelzung abgerundete Eisstücke zu halten geneigt bin. Die gewöhnlichste Form scheint mir die kugelrunde, denn diese hatten alle die anfänglich fallenden kleineren, und die von mir gleich im Fallen genau beobachteten, z. B. diejenigen, welche durch die zerschlagenen Scheiben der Fenster in die Zimmer flogen; indeſs giebt es der Ursachen so viele, welche eine Abweichung von dieser Gestalt erzeugen können, z. B. das Schlagen gegen einander und gegen harte Körper, partielles Wegschmelzen u. s. w., daſs bei weitem die Mehrzahl nicht völlig kugelrund ist. Eben so scheint mir der gröſste Durchmesser eines reinen Hagelkorns in mittleren Breiten nicht über 1,5 bis höchstens 1,75 Par. Zoll zu gehen, obgleich es bei weitem gröſsere giebt, welche aber zwei, drei und mehrere Kerne haben, und also als zusammengesetzte anzusehen sind, bei denen eben diese Zusammensetzung meistens auch die äuſsere Gestalt bedingt. Musschenbroek, Volta u. a. sind gleichfalls der Meinung, daſs die gröſsern Hagelkörner durch Vereinigung gebildet werden, und Delcros[1] hält die runde Gestalt und die Anwesenheit eines weiſslichen Kernes nach einer Menge von Beobachtungen für dasjenige, was die Erfahrung in den meisten Fällen als Regel darbietet. Unter die sehr seltenen Ausnahmen gehört das Fallen kleiner runder Körner durchsichtigen Eises, welche ohne Zweifel aus gefrornen Regentropfen entstanden sind[2].

3. Beispiele von gröſserem und ungewöhnlich groſsen Hagelkörnern gehören nicht eben unter die Seltenheiten, wenn gleich nur einige wenige Fälle das ganz ungewöhnliche nachweisen. Schon Musschenbroek[3] zählt eine Menge Beispiele dieser Art auf und erwähnt zugleich, daſs die älteren Physiker geglaubt hätten, die Hagelwolken beständen aus massivem Eise welches zerbräche und daher in so groſser Menge herabstürzte. Nach Dechales soll 1470 zu Rom Hagel von der Gröſse eines Casuar-Eies gefallen seyn. Auf der Flandrischen Insel Ryſsel fiel 1686 im Mai Hagel, dessen meiste Körner die Gröſse eines

1 Bibl. univ. XIII. 154.

2 Arago in Annuaire présenté au Roi. Pour l'an 1828.

3 Introd. II. 1017. §. 1495.

Taubeneies hatten, allein es wurden auch einige von 0,5 und sogar von 1 ℔ schwer gefunden[1]. Nach HALLEY fiel am 29. April 1697 zu Flintshire Hagel von 5 Unzen Gewicht, und ROB. TAYLOR beobachtete am 4. May desselben Jahres in Hartfordshire Hagelkörner, deren Umfang 14 engl. Zoll betrug[2]. Sehr bekannt durch die Beschreibung von PARENT[3] ist das groſse Hagelwetter geworden, welches 1702 am 15. Mai die Gegend um Iliers verwüstete. Die kleinsten Körner waren zwei Daumen dick, die mittleren wie Hühnereier, die gröſsten wie eine geballete Faust, und wogen ¾ ℔., welche letztere Angabe indeſs schwerlich als ganz genau betrachtet werden kann, insofern die genannte Gröſse das angegebene Gewicht nicht erreicht. Im Jahre 1724 sollen bei Monte-Rotondo Hagelkörner über 1 ℔ schwer gefallen seyn[4], MUSSCHENBROEK[5] beobachtete selbst zu Utrecht 1736 ein starkes Hagelwetter, wobei die meisten Körner die Gröſse eines Taubeneies hatten, einige aber, aus mehreren zusammengesetzt, die Gröſse eines Hühnereies erreichten. Am 11. Juli 1753 sammelte MONTIGNOT zu Toul polyedrische Hagelstücke von drei Zoll Durchmesser[6]. Unter dem Hagel, welcher 1787 am Comersee fiel, befanden sich Stücke von 9 Unzen an Gewicht. LAMPADIUS[7] fand bei dem schrecklichen Hagelwetter in Beverungen im J. 1792 noch nach 14 Tagen in den Kellern zusammengeflossene Haufen Hagel, und darunter Stücke von 13 Loth schwer, NÖGGERATH[8] aber 1822 am 7. Mai, als ein furchtbares Gewitter die Gegend um Bonn verwüstete, Hagelkörner von 2; 3; 4; bis 12 Loth an Gewicht. In demselben Jahre waren viele verheerende Hagelwetter, namentlich am 9. Juni in Trient, wobei nach öffentlichen Blättern Hagelkörner von der Gröſse eines italienischen Brodes 8 bis 16 Unzen

---

1 Phil. Trans. N. 203. p. 858.

2 ARAGO in Annuaire pour 1829.

3 Hist. de l'Ac. 1703. p. 19.

4 Allgem. Zeit. 1817. Juli.

5 A. a. O.

6 ARAGO a. a. O.

7 Hannöv. Magaz. 1792. St. 93.

8 Schweigg. J. N. F. VIII, 84. Abbildung des Hagels und Beschreibung des Hagelwetters von demselben findet man in Hesperus u. s. w. 1823. N. 167 und 168, entlehnt aus Nova acta Acad. Car. Leop. nat. cur. T. II. S. 560.

man anderwärts namentlich bei Richard[1] findet. Wenn ferner Adanson angiebt, daſs er bei dem Hagelwetter zu Paris am 7. Juli 1769 Hagelkörner von der Form eines Meniscus gefunden habe[2], so läſst sich füglich annehmen, daſs dieses Bruchstücke zerschlagener Hagelkörner waren, welche sich nach Art concentrischer Kugelschichten abgelöset hatten. Endlich erzählt auch Peron[3] merkwürdige Sachen von der Beschaffenheit des Hagels auf Neuholland. Er selbst erlebte dort ein furchtbares Hagelwetter, welches aber nicht sowohl durch die Gröſse der Eismassen, als vielmehr durch ihre Menge und Form sich auszeichnete. Statt rundlicher Hagelkörner fielen nämlich prismatische Eisstücke, wovon die gröſsten eine Unze wogen, und bei 29 Lin. Länge 17 Lin. Breite und 8 Lin. Dicke hatten. Für die Engländer, setzt Peron hinzu, war diese Erscheinung nicht auffallend, denn sie hatten sie schon oft beobachtet, am ausgezeichnetsten aber im December 1795, indem gleichfalls statt gewöhnlichen Hagels Eisstücke herabfielen, wovon die gröſsten 6 bis 8 Z. lang und wenigstens zwei Finger dick waren. Die abentheuerlichste Erzählung, falls wir annehmen wollen, daſs das Factum wirklich so erfolgt sey, wie es erzählt wird, hat Gilbert aus nicht genannten öffentlichen Nachrichten entlehnt[4], und es ist seitdem schon manche physikalische Hypothese dadurch unterstützt oder darauf gebauet. Es heiſst nämlich: Am 28. Mai 1802 fiel in Ungarn bei dem Dorfe Putzemischel während eines Gewitters und Hagelwetters ein viereckiger Eisklumpen aus der Luft, 3 F. lang, 3 F. breit und 2 F. dick. Acht Männer vermochten nicht ihn aufzuheben; man schätzte ihn auf 11 Centner, und nach drei Tagen fand man noch Ueberbleibsel davon. Nicht weit davon

1 Hist. nat. de l'air et des météores. A Paris 1770. VII Vol. kl. 8. deutsch. Frankf. 1773. 8. Bouquet hat in seiner Collection des historiens de France aus Eginhard, Hermannus Contr. und der Chronik von Rheims die Nachricht von dem groſsen Hagelklumpen aufgenommen, welcher 823 den 24. Juni gefallen seyn soll, nämlich 15 F. lang, 11 F. breit und 6 Fuſs dick. Auch bei dem starken Hagelwetter in Frankreich im Jahre 1593 sollen Hagelkörner von 10 und 12 Pfund an Gewicht gefallen seyn. Solchen Angaben fehlt die genaue Kritik. Vergl. Wiener Conversat. Blatt 1821 N. 59. S. 704. daraus G. LXXII. 435.

2 Arago in Annuaire pour l'an 1829.

3 Reisen d. Ueb. I. 347.

4 Ann. XVI. 75.

lag noch ein zweiter Hagelklumpen von der Gröſse eines guten Reise-Koffers [1]. Es wird indeſs nicht leicht jemand darüber in Zweifel seyn, daſs alle jene monströs groſsen Hagelklumpen aus mehreren zusammengefrorenen bestehen, wofür auch die Erfahrung entscheidet, daſs man in den gröſseren zwei oder mehrere weiſsliche Kerne findet, und wenn kein glaubwürdiger Zeuge bestimmt versichert, daſs er den zuletzt genannten ungeheuern Klumpen wirklich herabfallen gesehen habe, wie an sich überhaupt kaum glaublich ist, so muſs man als das bei weitem Wahrscheinlichere annehmen, daſs derselbe erst auf der Erde durch Zusammenfrieren einer groſsen Menge einzelner Körner gebildet sey. Vergleicht man übrigens diese Erzählung mit einer andern, welche historisch sehr gut begründet ist, so verliert sie viel von ihrer auffallenden Unglaublichkeit. Leopold v. Buch entnahm nämlich aus guter Quelle [2], daſs während der heiſsen Jahreszeit im April und Mai in Mysore häufig groſser Hagel fällt. In der letzten Zeit der Regierung Tippoo Saheb's aber fiel nahe bei Seringapatam eine Hagelmasse von der Gröſse eines Elephanten, wovon die zur Untersuchung hingesandten Officiere des Sultans berichteten, daſs sie bei der Berührung die Empfindung des Brennens erzeuge, eine sehr natürliche Aeuſserung solcher Menschen, welche an die Empfindung der Kälte nicht gewöhnt sind. Die Eismasse lag zwei Tage, ehe sie geschmolzen wurde.

5. Alle Hagelkörner, welche ich in groſser Menge bei mehreren Gelegenheiten zerschlagen habe, groſse sowohl als auch kleine, verhielten sich genau wie gewöhnliches Eis, und anders kann es auch wohl der Natur der Sache nach nicht seyn. Delcros [3] dagegen will gefunden haben, die Gestalt der Hagelkörner sey ein Kugelsector nach einem gleichseitigen sphärischen Dreieck ausgeschnitten. In Gemäſsheit dieser Thatsache glaubt er, der Hagel bilde sehr groſse Kugeln mit einem weiſslichen Kern im Centro, umgeben von einer undurchsichtigen

---

1 Gilbert forderte die Naturforscher in Ungarn auf, über dieses Phänomen nähere Erkundigung einzuziehen, indeſs wäre es vorläufig nothwendig gewesen, die benutzte Quelle zuvor anzugeben, eine bei seltenen Erscheinungen nothwendige Bedingung.

2 Heyne's Tracts historical and statistical on India p. 20. mitgetheilt bei G. LXXVI. 342.

3 Biblioth. univ. XIII. 154. Daraus G. LXVIII 323.

Kugel, welche nach Auſsen von einer in Zacken auslaufenden Hülle mit ausgefüllten Zwischenräumen umgeben sey. Diese furchtbaren Kugeln sollen dann durch eine Explosion zerplatzen, so daſs nur ihre Bruchstücke als die genannten sphärischen Pyramiden auf die Erde fielen. Indeſs sah er die nicht zerplatzten Kugeln bei einem Hagelwetter zu la Braconnière im Dep. Mayenne, welche die zähen Dachschiefer zerschlugen und schreckliche Verheerungen anrichteten. -- Da das Eis leicht in dreikantigen Pyramiden gebildet wird [1], so hat es nichts Widersprechendes, auch die Bildung solcher Pyramiden im Hagel anzunehmen; an eine Explosion aber, welche eine Zerstückelung dieser Kugeln und das Herabfallen der genannten Bruchstücke zur Folge hätte, ist nach meiner Ansicht der Sache auf keine Weise zu denken. Uebrigens versichert auch R. Lindsay [2] am 27. Juni 1823 solche Hagelkörner gesehen zu haben, welche eine undurchsichtige vierseitige oder dreiseitige Pyramide mit einer gewölbten Basis bildeten, und wobei letztere durchsichtig war. Keine Linie daran war länger als 0,5 Z., und auch er ist der Meinung, daſs sie durch Zerplatzen gröſserer Kugeln entstanden seyen.

6. Als eine seltene Ausnahme von der Regel ist es anzusehen, wenn in einzelnen Fällen die Hagelkörner heterogene Substanzen einschlieſsen, indeſs sind einige Beispiele dieser Art so verificirt, daſs die Thatsachen an sich keinem Zweifel unterliegen. Scheuchzer [3], Fromondus [4] und Maternus von Cilano [5] erwähnen ältere Beobachtungen, wonach man im Kerne der Hagelkörner kleine Stückchen Spreu und andere leichte Körper gefunden hat. Man wollte dieses als einen Beweis gegen die Hypothese ansehen, daſs der Hagel in sehr hohen Regionen der Luft gebildet werde, allein mir scheint die Höhe, bis zu welcher leichte Körper durch die den Hagelwettern so oft vorausgehenden Wirbelwinde gehoben werden, ganz unbestimmbar, und ich wundere mich vielmehr, daſs es aus neueren Zeiten keine bekannter gewordenen ähnliche Beobachtungen giebt.

---

1 S. *Eis.* Th. III. S. 111.

2 Edinb. Phil. Journ. N. XXII. 327.

3 Breslauische Sammlungen. IX. 90.

4 Meteorologicorum L. V. cap. 8. p. 342.

5 Hamb. Mag. XVII. 1.

Oefter sind dagegen unorganische Substanzen im Kerne der Hagelkörner gefunden. Bei dem erwähnten groſsen Hagelwetter in Flandern z. B. enthielten einige Hagelstücke eine dunkelbraune Substanz[1]. Im Jahre 1755 beim Toben des Katlegiaa fiel Hagel, wovon jedes Korn einen Theil Sand oder vulcanische Asche einschloſs[2], und im Jahre 1721 fiel in Irland Hagel mit einem eingeschlossenen metallischen Korne[3]. In diesen und ähnlichen Fällen scheint die Substanz ohne Zweifel vulcanischen Ursprungs gewesen zu seyn, da ohnehin die Ausbrüche der Vulcane auf Island sehr häufig von Hagel begleitet zu seyn pflegen. Räthselhafter sind die Oktaëder von etwa 3 Lin. Seite und fast 1 Lin. Höhe, welche nach Eversmann in den am 15. Aug. 1824 zu Sterlitamansk im Orenburgschen Departement gefallenen Hagelkörnern eingeschlossen waren[4], den goldhaltigen Schwefelkieswürfeln von Beresowsky glichen, und für Meteorsteine gehalten wurden. Weniger gewiſs, und daher auch minder leicht erklärbar, ist die Nachricht, welche Quatremère[5] aus Macrizi mittheilt, wonach im Jahre 723 der Hedschra, oder nach Gilbert am 9. Jan. 1323 in der Provinz Mortahia und Dakhaliah Hagel von etwa 1 Pf. schwer und zugleich Steine von 7 bis 30 Pf. gefallen seyn, und viele Ortschaften zerstört, auch eine Menge Rindvieh und Schafe erschlagen haben sollen.

B. Bildung und Herabfallen des Hagels.

7. Die kleinern Arten der Hagels die sogenannten *Graupeln*, gehören hauptsächlich dem Frühlinge an. Sobald nämlich nach dem Wegschmelzen des Winterschnees, dieses geschehe früh oder spät, und der Wiederkehr einer mildern Frühlingstemperatur die Wärme steigt, und die Feuchtigkeit nebst der

1 Phil. Trans. Nro. 203. p. 858.

2 Reise nach Island auf Befehl Sr. Dän. Majestät. A. d. Fr. von Gauthier de la Peyronie IV. 266.

3 Bibl. univ. 1821. Spt. G. LXXII. 436. Wollaston wollte kein Eisen in der Substanz finden, Pictet erkannte sie deutlich für Schwefelkies, Gilbert bezweifelt die ganze Sache, jedoch gewiſs mit Unrecht.

4 G. LXXVI. 340.

5 Ebend. L 299.

Elektricität der Atmosphäre zunimmt, erfolgen entweder wirkliche Gewitter oder oftmals wiederkehrende Regenschauer, welche mit Ausnahme der fehlenden Blitze sich ganz wie Gewitter verhalten. In Deutschland fällt ihre Periode gewöhnlich in den Monat April, sie kehren zuweilen jeden Tag wieder, und können mit kurzen Unterbrechungen eine und mehrere Wochen anhalten, so daſs hiernach bei häufigem Wechsel von kurz dauernden Regenschauern mit Kälte verbunden und mildem Sonnenscheine der eigenthümliche Name des Aprilwetters zur Bezeichnung des Ganzen üblich geworden ist. Diese Witterungsdisposition fällt indeſs zuweilen auch in den Mai, und kann sich ausnahmsweise im nördlichen Deutschlande bis in den Juni erstrecken, ist aber jedesmal daran kenntlich, daſs bei ziemlich milder Temperatur bei jedem wiederkehrenden Gewitterschauer, selbst auch wenn die Wolken, ohne den allezeit nur partiellen und zuweilen auf kurze Strecken beschränkten Regen, mit Verdunkelung der Sonne vorübergehen, eine fühlbare und meistens unangenehme Kälte eintritt. Bei dieser Witterungsdisposition ist das Graupeln sehr häufig, und zwar so, daſs entweder einzelne Körner zugleich mit dem Regen herabfallen, oder der atmosphärische Niederschlag beginnt mit einzelnen Regentropfen, dann folgen Graupeln in gröſserer oder geringerer Menge, und zuletzt wieder Regen. Ferner kann eine ähnliche Disposition der Witterung im Juni und, jedoch höchst selten, selbst im Juli statt finden, wenn an einer Gegend oder in deren Nähe ein starkes Gewitter, hauptsächlich von Hagel begleitet, vorangegangen ist, nie aber, wie ich glaube, im August oder September, und die Dauer der Wiederkehr solcher Schauer ist allezeit nur kurz. Endlich sind Graupeln in gröſserer oder geringerer Menge dem Schnee beigemischt, am meisten im Anfange und am Schlusse der eigentlichen Winterzeit, namentlich gegen das Ende desselben im Februar oder März, je nachdem die Breite der Oerter niedriger oder höher ist. Die auffallendsten Schauer dieser Art beginnen dann mit starker Dunkelheit, einem plötzlichen einzigen, meistens heftigen Donner, vielen Graupeln und endigen mit Schnee, welcher bei nachfolgender Kälte oft längere Zeit liegen bleibt.

8. Graupeln sind häufig auf hohen Bergen, wo nur selten oder niemals Hagel fällt, so daſs letzterer namentlich in den

Tropengegenden, nach v. Humboldt[1] bis zu einer Höhe von 1800 F. seltener seyn soll, als Meteorolithen in Europa. Daſs auf den höheren Alpengebirgen Graupeln häufig fallen, Hagel aber selten, haben schon Scheuchzer, Beccaria und Fromondus beobachtet[2]. Saussüre aber fand aus einer langen Reihe von Beobachtungen, daſs dort 11 maliges Graupeln auf einmaliges Hageln gehört, auch ſindet man zwischen dem Schnee auf dem Col du Géant und selbst dem Montblanc häufige Graupelkörner[3]. Auf gleiche Weise scheint auch v. Humboldt[4] Fälle von Graupeln in höhern Gegenden der Tropenländer nicht auszuschlieſsen, wie schon daraus wohl nothwendig folgt, daſs dort Schnee in so groſser Menge fällt.

9. Wenn schon das Graupeln unter die allgemeine Classe der Gewitterschauer gehört, so ist dieses noch ungleich mehr der Fall beim eigentlichen Hagel, und es können daher alle diejenigen Erscheinungen hier übergangen werden, welche das Gewitter betreffen[5], insofern die Hagelwetter ganz eigentliche Gewitter, jedoch in der Regel von der furchtbarsten Art sind. Diejenigen Gewitter, welche Hagel bringen, gehören zu den dicksten, schwärzesten und am tiefsten herabgehenden, sie entstehen meistens nach vorausgegangenem heiterem, insbesondere windstillem Wetter und nach einer anhaltenden, über das Gewöhnliche hinausgehenden, drückenden, einen hohen Feuchtigkeitsgrad der Atmosphäre anzeigenden Wärme. In der Regel fällt das Barometer vor dem Hagelwetter stark, zuweilen noch *während* desselben, doch fängt es schon dann und in den meisten Fällen gleich nach der Beendigung desselben an zu steigen, die Temperatur nimmt schon bei seinem Beginnen ab, und sinkt zuweilen vom vorausgegangenen höchsten bis zum nachfolgenden tiefsten Thermometerstande um 25° C. In den ganzen Gewitterwolken bilden die Hagel führenden Theile meistens weiſslich scheinende kenntliche Streifen, wenn gleich *solche* von den übrigen sehr dunkeln sich selbst in der Ferne auszeichnende Parthieen nicht allezeit sicher auf Hagel schlieſsen

1 Reis. d. Ueb. II. 397.
2 Musschenbroek. Int. §. 2393.
3 De Saussüre Voy. §. 2075.
4 Reis. deutsch. Ueb. III. 465.
5 S. Art. *Gewitter*. Th. IV. S. 1581.

laſsen. Beträchtlich nahe und schwere Hagelwolken kündigen sich durch ein eigenthümliches Brausen an, welches anfänglich einem entfernten Sturme in höheren Gegenden ähnlich ist, in gröſserer Nähe aber in ein ganz eigentliches Geprassel ausartet, und zuletzt eine unverkennbare Folge des Auseinanderschlagens der Hagelkörner ist[1]. Nicht ganz selten bilden die Hagelwolken einen traubenartigen Schlauch, welcher sich im Fortgange tiefer herabsenkt und zuletzt fast die Erdoberfläche berührt, ehe er sich seiner Bürde entledigt.

10. Die vom Hagel getroffenen Strecken sind gewöhnlich schmal, und haben nach Musschenbroek[2] selten eine gröſsere Breite als 100 bis 300 Ellen, welche Angabe indeſs wohl etwas zu geringe ist, da man 1000 bis 3000 F. als nicht unter die ganz seltenen Fälle bei gröſseren Hagelschauern rechnen kann. Bei dem groſsen Hagelwetter, welches 1788 in Frankreich unermeſslichen Schaden anrichtete, liefen zwei Streifen von SW. nach NO. und lieſsen zwischen sich einen Raum, dessen gröſste Breite 7, die geringste 3 franz. Meilen betrug; die beiden Streifen selbst hatten, die eine 5 Lieues als gröſste, 3 als geringste Breite, die andere 3 und 1,5 Lieues. Inzwischen ist die Verwüstung nicht in der ganzen Breite der Hagelwolke gleich stark, sondern an den Grenzen fallen allezeit nur einzelne und kleinere Hagelkörner, die gröſsten und zahlreichsten meistens in der Mitte. Nur äuſserst selten erstreckt sich die Verheerung über einen an Länge und Breite wenig verschiedenen Raum, indem die Länge desselben in der Regel ein sehr Vielfaches der Breite ist. Schon Musschenbroek giebt die Länge der von den Hagelwolken durchlaufenen Räume auf eine bis zwei Meilen an, allein wenn diese Angabe gleich für einzelne Fälle zu groſs ist, so ist sie dagegen für andere beträchtlich zu klein. Das groſse Hagelwetter in Hannover durchlief in der Richtung von NW. nach SO. von Hannover bis Wolfenbüttel eine Strecke von 7 Meilen, und bei dem eben genannten von 1788 blieben die beiden Streifen auf eine Strecke von mindestens 100 Lieues getrennt, die ganze Längenausdehnung konnten die Berichterstatter indeſs nicht mit Gewiſsheit ausmitteln[3]. Nicht völlig

---

1 Davon reden schon die Alten, z. B. Lucr. de rer. nat. Lib. VI. v. 155.

2 Introd. §. 2395.

3 Mém. de l'Acad. 1790. p. 266.

eine gleiche Ausdehnung hatte das Hagelwetter, welches 1186 bei Artois am heftigsten war [1], noch auch ein anderes im Jahre 1360, wodurch die damals unter dem Könige Eduard bei Bretigny campirende englische Armee bedeutenden Schaden erlitt [2], mehr dagegen ein drittes, vom 10. Juni 1593, dessen Verheerungen unter andern die Gegenden von Tours, Pontoise, Senlis, Meaux, Crépy, Soissons, Amiens und Abbeville trafen [3]. Unter den aus der neueren geschichtlichen Zeit genau bekannten bleibt das von 1788 rücksichtlich der Ausdehnung das gröſste.

11. So wie einzelne Jahre sich durch häufige und sämmtlich meistens den nämlichen Zug befolgende Gewitter auszeichnen, so ist dieses auch der Fall bei den Hagelschauern, jedoch mit dem Unterschiede, daſs die nämlichen Orte wohl nie mehrmals in einem Jahre vom Hagel verheert werden; im Allgemeinen sind dann die wärmsten und fruchtbarsten Jahre auch die gefährlichsten in Rücksicht auf möglichen Hagelschaden. Des Beispiels wegen mögen nur folgende ohne eigentliche Absicht des Sammelns aus öffentlichen Blättern entlehnte Fälle angeführt werden. Im Jahre 1822 war am 7ten Mai das furchtbare Hagelwetter in Bonn; am 8ten Mai geringer Hagel in Heidelberg; am 9ten Juni ein furchtbarer in Trient, wobei ein sechzehnjähriges Mädchen auf dem Felde so heftige Contusionen erhielt, daſs es am dritten Tage davon starb; am 16ten Juni heftigster Sturm mit wenigem Hagel in Darmstadt, Sinsheim u. s. w.; am 23sten Juni Sturm mit Hagel bei Straſsburg von solcher Heftigkeit, daſs unter andern mehrere Schornsteine herabfielen, und eine Lage Bretter wie Kartenblätter in die Höhe gehoben und umhergestreuet wurde; am 24sten Juni richtete ein fürchterliches Hagelwetter bei Venedig groſse Verwüstungen an, zerschlug viele Fenster, Früchte und Wein, auch Pferde, welche nicht schnell genug untergebracht werden konnten; am 25sten Juli verwüstete ein starker Hagelschlag viele Felder in der Wetterau; am 1sten September war ein starker Wolkenbruch im Ottowalder Grunde in Sachsen; am 21sten Sept. desgleichen bei Marseille; und so dauerte es selbst bis in den October, in-

1 Accetarium Aquinetinum ad chronica Sigeberti et Anselmi Gemblacensium; ed. Auberti Miraei. 1608. 4.

2 Villaret. II. 132. edit. de Cologne. 1719.

3 Ebend. Vergl. Mém. de l'Acad. 1790. p. 281.

dem am 14ten dieses Monats ein Ungewitter mit Hagel in Venedig und am 24sten in Genua groſse Verwüstungen anrichtete, die gewiſs vielen von mir nicht beachteten Fälle ungerechnet.

12. Die nämlichen Gegenden werden zuweilen in aufeinanderfolgenden Jahren wiederkehrend durch Hagelschlag verwüstet, und dann eine geraume Zeit wieder verschont, welches zum Theil von denjenigen unbestimmbaren Witterungsdispositionen abhängen mag, welche uns eben deswegen als Zufälligkeiten erscheinen müssen, und es ist daher sehr räthlich, solche Phänomene nicht sogleich auf örtliche Bedingungen zurückzuführen, oder wohl gar angewandte Vorkehrungen als unfehlbare Gegenmittel zu betrachten. Mir ist unter andern ein Fall bekannt, daſs ein noch lebender Physiker im Auftrag der Landesregierung hingesandt wurde, um die Ursachen der so oft wiederkehrenden Hagelschauer und ihre mögliche Abhülfe zu untersuchen. Bei dieser Gelegenheit machte sein Begleiter die Landleute glauben, der Mann sey gesandt, um die Gewitter zu bannen, und weil sie von der Zeit an wirklich ausblieben, so erhielt sich in jener Gegend lange der Glaube, daſs die Bannung von Erfolg gewesen sey. Scheuchzer wollte aus den Beobachtungen in den Schweizergebirgen gefunden haben, daſs Hagelwetter nie in Thäler eindringen, welche von der Ostseite durch Berge geschützt sind[1], eine schwerlich haltbare Behauptung. Richtiger dürfte diejenige seyn, welche de Saussüre[2] aufgestellt hat, daſs in denjenigen Ebenen, welche in der Nähe sehr hoher Berge liegen, in einer gewissen Entfernung von diesen die Hagelschauer weit häufiger sind, als in gröſserer oder geringerer Entfernung, und daſs es gewisse Gegenden giebt, welche nie oder sehr selten getroffen werden. Im Allgemeinen stimmt dieses mit den bestimmtesten Erfahrungen überein, und der Grund läſst sich zuweilen in örtlichen Bedingungen, z. B. der Nähe und Richtung von hohen Bergen und groſsen Flüssen nachweisen. Um indeſs über das Thatsächliche sicher zu seyn, dürfen die Beobachtungen nicht auf zu kurze Perioden beschränkt werden, weil sonst jene angegebene Periodicität zu unrichtigen Folgerungen verleiten kann. Uebrigens fällt diese Untersuchung mit der über das Erscheinen der Gewitter zusammen, indem die Hagelschauer

1 Musschenbroek Int. §. 2397.

2 Voyag. §. 972.

nur eine Species von diesen sind. Daſs es in den Tropenländern selten hagelt, ist oft behauptet, so furchtbar auch die Gewitter und Platzregen dort sind. Thibault de Chanvellon[1] behauptet, es habe in Martinique nur einmal im Jahre 1721 in der Ebene geschlosset, und sey dieses Phänomen wegen seiner Seltenheit sehr aufgefallen, eine Behauptung, welche Moreau de Jonnès[2] für übertrieben hält. Indeſs erzählt v. Humboldt[3], es sey in Parama in der Mitte des vorigen Jahrhunderts Hagel gefallen, und dieses sey das einzige ihm bekannte Beispiel von Hagel in den Tropenländern in einer mit dem Meeresspiegel fast gleichen Ebene, weil dort in 300 Toisen Höhe kein Hagel falle. Der berühmte Gelehrte meint dann ſerner, man müsse annehmen, daſs der überall in gleicher Höhe über der Meeresfläche gebildete Hagel bei seinem Herabfallen durch die unteren, etwa 300 Toisen dicken Luftschichten, deren mittlere Temperatur etwa 27°,5 und 24° C. ist, wieder geschmolzen werde. Dabei findet er es bei dem gegenwärtigen Zustande unserer meteorologischen Kenntnisse schwer zu erklären, warum in Philadelphia, in Rom, in Montpellier u. s. w. in den heiſsesten Monaten Hagel fällt, wenn die mittlere Temperatur 25° bis 26° C. beträgt, während diese Erscheinung in Cumana, in la Guyara und überhaupt in den Aequatorialgegenden nicht wahrgenommen wird. Da es in den vereinten Staaten, und in Europa unter etwa 40° bis 43° N. B. in den Ebenen im Sommer eben so heiſs ist, als in den Tropenländern, die *Abnahme* der Wärme in zunehmender Höhe aber an allen diesen Orten kaum etwas verschieden sey, so müsse man das Schmelzen der Hagelkörner in den untern Regionen daraus erklären, daſs sie beim Entstehen in gemäſsigten Zonen gröſser seyen, als in den äquatorischen, zugleich aber seyen wir noch zu wenig mit den Bedingungen bekannt, unter denen in gemäſsigten Zonen das Wasser in den Wolken zu Hagel gefriere, um beurtheilen zu können, ob eben dieselben auch unter dem Aequator über den Ebenen vorhanden sind. Daſs auch in den Tropenländern in gröſseren Höhen Hagel fällt, meistens aber nur kleinerer, ist schon oben bemerkt, und v. Humboldt stellt dieses

1 Voyage à la Martinique.

2 Sur le climat des Antilles. p. 49.

3 Reis. deutsche Ueb. III. 465.

auch nicht in Abrede, wie ich mehrmals gelesen zu haben
erinnere; inzwischen werde ich bei der nachfolgenden Th
des Hagels auf diese Thatsachen Rücksicht nehmen.

Die dem Hagel unterworfenen Erdzonen fangen hie
also auf der nördlichen Halbkugel erst etwa mit dem 3
Breitengrade an, und erstrecken sich vermuthlich nur bis
60sten. Ob diese letztere Grenze als sicher anzunehmer
wage ich nicht zu bestimmen, zweifle indeſs, daſs das H
unter höheren Breiten als eine gewöhnliche Erscheinung z
trachten sey, obgleich Graupelschauer, namentlich bei d
den Küstengegenden vorherrschenden Wintergewittern
selten sind. Auſserdem machen die unverhältniſsmäſsig w
Districte Norwegens und Island vielleicht eine Ausnahme
denn das oben erwähnte Hageln am letzteren Orte offenba
nächst durch die vulcanischen Producte des Katlegiaa be
wurde. Auf der südlichen Halbkugel findet ohne Zweife
nämliche Verhältniſs statt. Endlich folgt schon aus demje
was oben über die Graupelnbildung gesagt ist, daſs eigent
Hagel nicht auf hohen Bergen fällt, und ich möchte eine
von 5000 bis 6000 F. als diejenige annehmen, worauf d
gentliche Hageln beschränkt ist.

13. Die Hagelschauer sind an keine bestimmte Tag
gebunden, jedoch kommen sie häufiger Nachmittags als
mittags, selten bei Nacht. Musschenbroek sagt bloſ
hagele häufiger bei Tage als bei Nacht, allein man kan
Recht behaupten, daſs das Letztere unter die groſsen Selt
ten gehöre. Früher hat man sogar den Satz aufgestellt, e
bei Nacht gar kein Hagel, und daraus schlieſsen woller
Einfluſs des Lichtes sey zu seiner Bildung nothwendig;
es ist gewiſs, daſs es in sehr seltenen Fällen auch bei
hagelt, jedoch werden nur die gröſseren Hagelwetter öff
bekannt, und es ist begreiflich, daſs gerade diese sich w
bei Nacht ereignen, als bei Tage. Dennoch aber war das
Hagelwetter 1802 bei Buck im Posener Departement wi
der Nacht, wobei Hagelkörner von der Gröſse einer ge
Mannsfaust herabfielen[1], und Lichtenberg versichert, es
ihm verschiedene Beispiele von Hagelwettern bei Nacht l

1 G. XVI. 75.

tet worden [1]. Noch neuerdings bezeugt Wöllner [2], daſs er selbst das Fallen des Hagels während der Nacht beobachtet habe, und Bellani [3] führt sogar drei ihm bekannte nächtliche Hagelwetter an, eins am Comersee um Mitternacht vom 27. bis 28. August 1778, das zweite ebendaselbst und um dieselbe Zeit vom 19. bis 20. August 1787, und das dritte bei Anbruch des Tages im Juli 1806, so daſs sie in Italien häuſiger als an andern Orten zu seyn scheinen. Unter die mit Gewiſsheit ausgemachten Thatsachen gehört aber das starke Hagelwetter in der Nacht vom 25sten zum 26sten Juli 1822, welches im nördlichen Deutschlande von Lommatsch bis in die Niederlausitz eine bedeutende Strecke verheerte. Nach den durch Raschig hierüber eingezogenen Nachrichten [4] war es in Meiſsen um 12 Uhr Nachts, und an einigen Orten, namentlich bei Cönnern und Königswartha so heftig, daſs man die Früchte nicht mehr erkennen konnte, die auf den Aeckern gestanden hatten, und Hunderte von Staaren todt auf dem Felde fand. Endlich [5] ereignete sich auch das berühmte Hagelwetter, wodurch im Canton de Vaud die mit Hagelableitern so vollständig versehenen Weinberge gänzlich verheert wurden, in der Nacht vom 22sten auf den 23sten Juli 1826.

14. Die eigentlichen Hagelschauer, mit Ausschluſs des Graupelns, gehören dem Sommer an, weil sie Begleiter der stärksten Gewitter sind, welche gleichfalls in mittlern Breiten nur selten oder fast gar nicht im Winter beobachtet werden. Musschenbroek rechnet jeden Graupelschauer mit unter das Hageln, und findet auf diese Weise, daſs es im Winter öfter hagelt, als im Sommer, was aber mit der sonst allgemein herrschenden Ansicht im Widerspruch steht. Wenn man dagegen zugiebt, daſs die eigentlichen Hagelwetter zu den stärksten Gewittern gehören, so fallen die Perioden beider zusammen, und es folgt hieraus von selbst, daſs die Monate Juni und Juli am meisten Hagel geben, dann Mai, August und September; im April und October ist das Hageln eine groſse Seltenheit, und

1 Erxleben's Naturlehre. §. 736. Anm.
2 Kastner Archiv. I. 311.
3 Brugnatelli Giorn. T. X. p. 369.
4 G. LXXII. 434.
5 Bibl. univ. XXXIII. 50.

in den übrigen Monaten trifft man die Erscheinung fast überall nicht, weswegen das heftige Hagelwetter zu Montpellier am 30sten Januar 1741 als merkwürdige Ausnahme von der allgemeinen Regel betrachtet wurde[1].

15. Die Hagelwetter theilen ganz die Eigenthümlichkeiten der Gewitter, weswegen ich die Bildung, Höhe, Ausdehnung und Gestalt der Wolken, den begleitenden Sturmwind und Regen, das Blitzen, Donnern u. s. w. ganz mit Stillschweigen übergehen kann. In der Regel, wo nicht allgemein, dauert das Hageln kaum länger als 15 Minuten, selten 30 Minuten, und ich zweifle, daſs Beispiele von der Dauer einer Stunde beobachtet sind. Auf gleiche Weise bewegen sich die Hagelwolken mit groſser Geschwindigkeit über die verheerten Strecken, obgleich bei der bekannten Unsicherheit im Gange der Uhren an verschiedenen Orten hierüber kaum überall genügende Beobachtungen vorhanden sind. Leroi, Buache und Tessier, welche das merkwürdige Hagelwetter von 1788 untersuchten, gaben sich alle ersinnliche Mühe, die Geschwindigkeit genau zu erforschen, womit sich die Hagelwolken bewegten, und obgleich die Art der Bestimmung, nämlich aus der Anfangszeit des Hagelns an den ungleich entlegenen Orten keine vollkommene Sicherheit gewährt, so kann doch das gefundene Resultat als der Wahrheit sehr nahe kommend betrachtet werden. Das Hagelwetter durchlief nämlich einen Raum von 16,5 Lieues in einer Stunde, welches nach der gleichfalls mitgetheilten Bestimmung von 2300 Toisen auf 1 Lieue 35,8 Par. F. in einer Secunde, oder 10 geographische Meilen in 1 Stunde beträgt. Die hier gefundene Geschwindigkeit wäre also etwa die mittlere eines heftigen Sturmwindes, und obgleich die Hagelschauer meistens von den letzteren begleitet sind, so muſs man doch zugleich berücksichtigen, was für eine Masse der meistens stoſsweise sich bewegende Wind an einem Hagelwetter vor sich her zu treiben hat, abgesehen davon, daſs der gemeinen Erfahrung nach die Gewitterwolken sich nicht allezeit so schnell bewegen, als der Wind. Uebrigens ist die Geschwindigkeit von 10 geogr. Meilen in einer Stunde groſs genug, um das gewöhnlich bei Hagelwettern vorkommende Fortschreiten daraus zu erklären.

---

1 Mém. de Paris. 1741. p. 218.

16. Unter die wesentlichsten Eigenthümlichkeiten, wodurch sich die Hagelwetter von den gewöhnlichen Gewittern unterscheiden, gehören vorzüglich das schon erwähnte Brausen, die weiſsliche Gestalt der Wolkenstreifen, worin der Hagel gebildet ist, und auſserdem eine Verdunkelung, welche nach Tessier mit der bei totalen Sonnenfinsternissen Aehnlichkeit hat, auch nach meinen eigenen und fremden Beobachtungen so stark ist, daſs man nicht mehr lesen kann. Ferner glaube ich bemerkt zu haben, daſs beim Beginnen von Hagelwettern, wie bei sehr schweren Gewittern, einzelne Blitze und ein abgeschnittener prasselnder Donner minder häufig beobachtet werden, als vielmehr eine dem Wetterleuchten ähnliche anhaltende Erhellung und ein ununterbrochenes dumpfes Rollen des Donners. Hat eine Gewitterwolke schon eine Zeitlang geregnet, so ist man in der Regel gegen Hagelschlag, hauptsächlich gegen verheerende Hagelwetter gesichert, in den bei weitem meisten Fällen dagegen rückt das Hagelwetter mit den beschriebenen Phänomenen heran, es erfolgt ein hervorstechend heftiger Donner, hiernach fallen einzelne sehr dicke Regentropfen, deren Fallen meistens hörbar heftig ist, demnächst einzelne kleine Hagelkörner, wobei die Gefahr um so gröſser ist, je weniger diese von vielen und kleinen Regentropfen begleitet sind, und endlich erfolgt das Hageln selbst, welches in sehr kurzen Pausen einer geringeren Heftigkeit und bei begleitendem heftigem Blitzen und Donnern nur einige Minuten anzuhalten pflegt. Die Dunkelheit, das Brausen in der Luft, die heftigen Blitze mit furchtbarem Donner, das Prasseln der Hagelkörner auf dem Straſsenpflaster und den Dächern, das Zerschlagen der Fenster, welches alles überraschend schnell hervorbricht, erfüllen Menschen und auch Thiere mit einer Art von Bangigkeit und Furcht. Die Gewalt, womit der Hagel herabfällt, ist zwar aus mechanischen Gesetzen leicht erklärbar, aber dennoch überraschend, und um so viel stärker, je heftiger der Wind ist. Menschen werden nicht leicht dadurch bedeutend beschädigt, noch weniger erschlagen, weil sie zeitig Schutz suchen; dennoch sollen 1717 durch ein Hagelwetter mehrere Menschen und Stücke Vieh erschlagen seyn; desgleichen 1731 bei Olmütz in Mähren mehrere Personen[1] und 1767 bei Potsdam ein Ochse, auch wurde

1 Beide Angaben a. d. Journal de Verdun in Mém. de l'Ac. 1790. p. 272.

einem Bauer ein Arm abgeschlagen [1]. Aus den ältern Zeiten findet sich eine Nachricht beim Macrizi [2], welcher erzählt, daſs im Jahre 716 der Hedschra, also 1316 unserer Zeitrechnung, in Syrien ein starker Hagel fiel, wodurch mehrere Menschen und Thiere erschlagen und ausgedehnte Strecken verheert wurden. Inzwischen sind diese Nachrichten keineswegs so verificirt, daſs sie unbedingten Glauben verdienten. Weit mehr ist dieses der Fall bei der in öffentlichen Blättern mit allen einzelnen Umständen mitgetheilten Nachricht von dem starken Hagelwetter, welches 1822 am 9ten Juni bei Trient von drei Kindern auf dem Felde ein 16jähriges Mädchen so verwundete, daſs es nach einigen Tagen starb. Wie sehr ein solcher Fall unter die auſserordentlich seltenen gehören müsse, dieses ergiebt sich schon daraus, daſs nach genauen Erkundigungen bei dem ungeheuern Hagelwetter in Frankreich 1788 kein Mensch bedeutend beschädigt wurde [3], von einigen getödteten Schafen blieb es indeſs ungewiſs, ob sie vom Blitze oder durch den Hagel erschlagen waren. Dagegen fand es sich sowohl bei diesem als auch bei dem von mir in Hannover 1801 beobachteten, daſs viele Hasen, Rebhühner, Raben, Drosseln und Spatzen erschlagen wurden, und ein Landmann in Herrenhausen sammelte allein 20 getödtete Spatzen; Personen, welche der Hagel auf dem Felde überraschte, hatten blaue Schwielen, Kühe hatten Beulen und Schafe waren am Kopfe und den Ohren beschädigt. Bei dem oben [4] erwähnten Hagelwetter auf der Orkadischen Insel Stronsa wurde ein Knabe im Nacken so heftig verwundet, daſs er nach mehreren Monaten noch nicht wieder hergestellt war, Pferde und Kühe im Freien waren alle mehr oder weniger stark verwundet und blutend, von einer Heerde Gänse waren die meisten erschlagen oder verstümmelt, das Meer trieb viele erschlagene Vögel ans Land, und als der Hagel weggeschmolzen war, fand man viele todt auf dem Boden liegend. Einige der jüngeren Pferde waren so zerschlagen und erschreckt, daſs sie betäubt hingestreckt lagen, und nie wieder völlig zu gesun-

1 Allgem. Zeit. 1817. Juli.

2 S. Quatremère bei G. L. 299.

3 Tessier fand viele mit starken Beulen auf den Händen und im Gesichte.

4 S. unter A. Nr. 3.

den Kräften kamen. Daſs der Hagel die stärksten Dachschiefer zerschlagen habe, berichtet Delcros[1] als von ihm beobachtete Thatsache, indeſs ist es eine sowohl durch mich, als auch durch viele andere gemachte Erfahrung, daſs weder die Schiefer noch die Ziegel der Dächer den gröſseren Hagelkörnern widerstehen. Eben so habe ich gesehen, daſs Fensterscheiben von vorzüglicher Stärke durch den Hagel nicht bloſs zerschlagen wurden, sondern auch daſs die Bruchstücke davon zusammt den Hagelkörnern in einem langen Saale bis 25 Par. F. hingeschleudert waren. Man kann es hiernach nicht auffallend finden, daſs der Hagel die stärksten Pflanzen zerschlägt, auch Weinreben und Aeste von zwei Linien Dicke zerbricht. Hieraus erklärt sich dann leicht der unermeſsliche Schaden, welchen ein weit sich verbreitendes Hagelwetter anrichten kann, und welcher 1788 in Frankreich nicht übertrieben auf fast 25 Millionen Liv. abgeschätzt wurde.

17. Die Menge des Hagels, welcher über eine ganze Strecke oder hauptsächlich auf die am meisten getroffenen Oerter herabfällt, ist ganz unglaublich, wenn gleich nicht füglich genau meſsbar. Selten oder nie ist nämlich ein Hagelschauer ohne einen bedeutenden Regen, wodurch der Hagel auf einzelne Stellen in Niederungen zusammengeschwemmt wird, so daſs seine Höhe nicht mehr bestimmbar bleibt, abgesehen davon, daſs ein groſser Theil alsobald durch die Wärme des Erdbodens und den nachfolgenden Regen schmelzt. Die gewöhnlichen Berichte sagen daher nur, daſs der Hagel an einigen Orten bis zu einer Höhe von 2 und mehreren Schuhen zusammengeflossen sey. Nach Parent[2] soll bei dem groſsen Hagelwetter zu Iliers im Mai 1702 der Hagel an mehreren Orten einen Fuſs hoch gelegen haben, allein mir scheinen die Gröſsenbestimmungen dieses Gelehrten bei der Beschreibung jenes Naturereignisses nicht hinlänglich genau; denn die gröſsten Körner sollen einer geballten Mannsfaust gleichgekommen seyn, und ¼ Pfund gewogen haben, welche beide Angaben nicht mit einander übereinstimmen. Glaublicher dagegen wegen der genauen Angabe der begleitenden Umstände scheint mir die Nachricht, daſs bei dem Hagelwetter am 24sten Juli 1818 auf der Orkney-

1 G. LXVIII. 323.
2 Mém. de l'Ac. 1803. p. 19.

Insel Stronsa der Hagel im freien Felde 9 engl. Zoll hoch gelegen habe[1], obgleich ich auch diese Höhe noch für etwas übertrieben zu halten geneigt bin. Bei dem Hagelwetter in Hannover hatte ich Gelegenheit, einen möglichst horizontalen freien Platz zu beobachten, und eben so 1824 hier in Heidelberg. Im ersteren Falle lagen die Hagelkörner nicht 3 Z. und im letzteren nicht 1,5 Z. hoch, dort ging die Temperatur augenblicklich sehr tief herab, hier ungleich weniger, und stieg auſserdem sogleich nachher wieder ungewöhnlich. Nehme ich also das Doppelte von jener Beobachtung, so glaube ich, daſs 6 Z. Höhe auf allen Fall als das Maximum angesehen werden kann, welches der gefallene Hagel zu erreichen vermag, wenigstens für die Breite von Deutschland, denn ob in südlichern Gegenden, wo die Regenmengen gleichfalls beträchtlicher sind, auch die Menge des Hagels gröſser sey, kann ich aus den mir vorgekommenen Berichten nicht ausmitteln, muſs es jedoch aus andern Gründen bezweifeln. Ist aber die Rede von der Gesammtmenge des fallenden Hagels, so ist diese nicht selten ganz unglaublich. Die stärkste Angabe, welche mir hierüber vorgekommen ist, bietet die Beschreibung des Hagelwetters von 1360[2] dar, indem damals durch die aus Hagel und Regen entstandenen Fluthen im englischen Lager 1000 Menschen und über 6000 Pferde umgekommen seyn sollen. Ist dieses übertrieben, so kann dagegen als völlig ausgemacht betrachtet werden, daſs 1792 bei dem furchtbaren Hagelwetter unweit Beverungen im Hannöverschen die aus Hagel und Wasser bestehenden Fluthen von einer flachen Anhöhe herabstürzend einen vierspännigen Wagen mit Flachs beladen mit sich fortrissen, und in die Weser stürzten. Eben diese drangen mit solchem Ungestüm in das kleine Städtchen, daſs sie am andern Ende die Thore versetzten, einen Eisdamm innerhalb derselben bildeten, die Keller füllten und eine Ueberschwemmung erzeugten[3]. Im Jahre 1800 schwoll zu Mariengarten unweit Göttingen ein unbedeutender Bach durch die herbeiströmende Menge von Hagel und Wasser zu einer solchen nie erlebten Höhe an, daſs die zuerst ihren Lauf versperrenden Gegenstände, nämlich eine 6 F. hohe und

1 Edinb. Phil. Journ. Nr. VIII. 366.

2 Bei Villaret a. a. O.

3 Lampadius im Hann. Mag. 1792. St. 93.

2 F. dicke Gartenmauer in einer Strecke von 20 F. umgestürzt wurde, und ein zweistöckiges massives Haus durch sein Wanken die Gefahr des Einsturzes drohte. Solche Fluthen haben die leicht erklärliche Eigenthümlichkeit, daſs sie in gröſster Stärke oft nur 15 Minuten, meistens nur eine halbe und selten über eine ganze Stunde dauern.

C. Theorie des Hagelns.

18. Nach den älteren Physikern sollten die Wolken durch unbekannte Ursachen im Ganzen in Eis verwandelt werden, zerplatzen und dann die durch Abreiben abgerundeten Stücke auf die Erde herabfallen. Musschenbroek [1] ist wegen des kleineren Hagelns, der *Graupeln*, welche im Winter oder auf höheren Bergen fallen, nicht in Verlegenheit, sondern er hält sie für gefrorne Regentropfen, welche in den an sich unter dem Gefrierpunct erkalteten Luftschichten gebildet werden. Schwieriger ist die Entstehung des gröſseren Hagels im Sommer zu erklären. Nach Musschenbroek ist für Frankreich, England und Holland die Schneegrenze 9600 F. hoch, aber wir sehen oft Wolken, welche noch höher sind, und sich also in der Region des Schnees befinden, wo diesemnach der Regen auch zu Hagel gefrieren kann. Von diesen Wolken sind einige elektrisch, andere nicht oder in einem geringen Grade. Begegnen sich beide, so entreiſsen die letzteren den ersteren die Elektricität, wodurch Blitz und Donner entsteht, nach Entziehung der Elektricität stoſsen sich die wässerigen Theile der Wolke nicht ferner ab, sie werden vom Winde oder durch eigenes Zusammenflieſsen vereinigt, und gefrieren durch die Kälte der hohen Region, wo sie sich befinden, und zwar desto schneller, je mehrere erkältende Ursachen zusammenwirken. Zuerst entstehen die kleinen Hagelkörner, dann durch Zusammenbacken die gröſseren, deren Gestalt daher irregulär ist.

19. Eben wie Musschenbroek reduciren in der Hauptsache die meisten spätern Physiker [2] die Entstehung des Hagels auf die Wirkungen der Elektricität, und es genügt daher, nur die Modificationen nachzuweisen, wodurch die einzelnen Hy-

---

1 Introd. §. 2395.

2 Blaise Monesier Diss. sur la nature et la formation de la Grêle, à Bourd. 1752. 4. Beccaria Lettere del Elettricismo, Bologna 1758.

pothesen sich unterscheiden. Mongez[1] faſst seine Theorie selbst in folgende Hauptpuncte zusammen: 1. Alle Wolken sind an sich elektrisch, nehmen aber einen gesteigerten Grad der Elektricität nur durch zufällige Bedingungen an. 2. Bloſs in dem letzteren Falle findet Verdunstung statt. 3. Sobald die elektrische Ausdünstung anfängt[2], bildet sich um den Regentropfen eine Dampfatmosphäre, welche den Einfluſs der umgebenden Wärme aufhebt. 4. Hieraus entsteht Kälte in dieser Atmosphäre, 5. welche sich allmälig bis in das Innerste des Tropfens erstreckt, 6. und wodurch er in Eis verwandelt wird. 7. Ist die Eiskruste gebildet, so hört die elektrische Verdunstung auf. 8. Das herabfallende Hagelkorn endlich verdunstet, wird hierdurch kälter und allmälig härter, so wie es durch die niedrigeren Luftschichten herabfällt.

Aus diesen theoretischen Sätzen sucht Mongez die einzelnen, bei der Hagelbildung vorkommenden Phänomene zu erklären, welches auch an sich nicht schwer seyn kann, da man hierzu im Ganzen nichts weiter als die Bildung von Eiskörnern bedarf, allein die Principien selbst sind keineswegs genügend[3]. Zuerst sind entschieden die Wolken sehr ungleich elektrisch, aber daſs eine Verdunstung bloſs bei gesteigerter Elektricität statt finden sollte, dieses ist eine petitio principii. Ferner ist es zwar richtig, daſs die Elektricität die Verdunstung befördert und letztere Kälte herbeiführt, allein wodurch wird in der so ausnehmend feuchten Wolke eine so starke Verdunstung bewirkt? Die Hypothese von einer elektrischen Dampfatmosphäre ist zu wenig begründet, eben so wie die, daſs eine solche die äuſsere Wärme nicht durchlassen sollte, und würde dieses auch zugegeben, wie könnte hierdurch eine zur Eisbildung erforderliche Kälte im Tropfen selbst erzeugt werden, da sich vielmehr der äuſsere

1 Journ. de Phys. XII. 202.

2 Daſs die Elektricität die Verdunstung vermehre, glaubt Mongez nach den Versuchen von Nollet und nach eigenen annehmen zu müssen, und daſs hierdurch Kälte entstehe, schlieſst er aus den Versuchen von Franklin, Herbert, Morveau u. v. a.

3 Später in Ann. de Chim. V. 51 äuſsert sich Mongez, es sey das Phänomen der Hagelbildung sowohl an sich schwer zu erklären, als auch insbesondere der Umstand, daſs er häufiger im Sommer als im Winter falle. Seine eigene Hypothese scheint ihm also nicht mehr genügt zu haben.

Dampf auf der entstandenen Eiskruste niederschlagen müſste. Daſs endlich nach entstandener Eiskruste die el. Atmosphäre entweichen sollte, ist ganz ohne Grund, da die Verdampfung auch beim Eise stattfindet, und man nicht begreift, wo die Elektricität dann bleiben, und warum sie gerade dann erst entweichen sollte.

20. De Lüc's[1] Hypothese hat in früheren Zeiten allerdings Anhänger gefunden, indeſs zweifle ich daran, daſs dieses noch jetzt der Fall sey. In der Hauptsache nahm dieser Physiker an, die Elektricität bestehe einem wesentlichen Bestandtheile nach aus Wärme, weswegen diese letztere gebunden werde, sobald erstere in einem bedeutenden Grade zum Vorschein komme. Lampadius[2] war hauptsächlich derjenige in Deutschland, welcher de Lüc's Hypothese zu unterstützen uud als den Erscheinungen angemessen darzustellen suchte, Lichtenberg[3] dagegen, obgleich groſser Verehrer von de Lüc, wich dennoch von dieser Hypothese ab, und fand die Ursache der Hagelbildung hauptsächlich in der Verdunstungskälte, welche ihm eine Folge der Elektricität zu seyn schien, obgleich er selbst sich die bei dieser Erklärung noch bleibenden Dunkelheiten nicht verhehlt. Späterhin schien ihm indeſs de Lüc's bekannte Theorie vom Regen mehr begründet, so daſs er kein Bedenken trug, diese auch auf die Bildung des Hagels anzuwenden, und die dabei eintretende groſse Kälte aus einem Gebundenwerden der Wärme zur Erzeugung der Elektricität zu erklären[4]. Mit der genannten Theorie des Regens fällt also diese Hypothese von selbst über den Haufen, weswegen ich eine Widerlegung hier für überflüssig halte, um so mehr, als schon im Art. *Elektricität* die Unhaltbarkeit jener Hypothese nachgewiesen ist[5]; auch fehlten bei dem oben erwähnten Hagelwetter bei Roncevalles im Jahre 1813, wobei noch obendrein die Hagelkörner von ganz

---

1 Idées sur la météorologie T. II. sect. III. chap. 2. Nouvelles Idées sur la Mét. II. §. 641. Lettres à Mr. de la Metherie. L. VII. In Rozier Obs. XXXVII. 120. Daraus in Gren J. IV. 264. Vergl. Nichols. Journ. of Nat. Phil. 1810. Dec. G. XLI. 189.

2 Beobachtungen über die Elektricität und Wärme unserer Atmosphäre. Berl. 1793. Dessen systemat. Grundriſs d. Atmosphärologie. Freyberg 1806. 8. S. 153.

3 Neues Hannöv. Mag. 1793. Erxleben's Naturlehre §. 736.

4 Vermischte Schr. VIII. 85.

5 S. Th. III. S. 354. Vergl. *Regen*.

ungewöhnlicher Gröſse waren, Blitz und Donner gänzlich. V. Arnim[1] behauptet, der Hagel sey fast allezeit negativ elektrisch, und dieses möge wohl eine Hauptbedingung seines Entstehens seyn, wobei er zugleich durch die Verdunstung beim Herabfallen in Folge der hierdurch erzeugten Kälte gröſser werde.

Nach Hube[2] endlich ist der Hagel eine Folge der Elektricität und der dadurch erzeugten Kälte, ohne daſs jedoch näher nachgewiesen wird, in wiefern die letztere durch die erstere nothwendig erzeugt wird; vermuthlich sieht er indeſs mit Heidmann[3] und andern die Wärme als einen Bestandtheil der Elektricität an.

21. In den neuesten Zeiten, und man darf sagen, bis auf den gegenwärtigen Augenblick, hat die Hypothese des berühmten Al. Volta den meisten Beifall gefunden, welche von demselben ausführlich vorgetragen ist, sich aber leicht auf folgende Elemente zurückführen läſst[4]. Volta denkt sich die Feuchtigkeit der Wolken als kleine Dunstbläschen, welche durch die Elektricität der Wolke abgestoſsen werden, und hierdurch in die höchst trockne und kalte Luftschicht über der Wolke kommen. Hier vereinigen sich allmälig die Dunstbläschen zu kleinen Tropfen, welche durch Verdunstung in den ohnehin kalten Regionen gefrieren, zugleich aber ihre Electricität verlieren, und dann durch die im Centrum der Wolke angehäufte Elektricität angezogen, bald aber wieder abgestoſsen werden, wie kleine Kugeln oder zusammengeballete Baumwolle von einem el. Conductor. Auf diese Weise entstehen zuerst die kleinen weiſslichen Kerne des Hagels aus den anfänglich zusammengesinterten, schneeartig krystallisirten Bläschen. So wie diese aber auf die angezeigte Weise stets durch die elektrische Anziehung und Abstoſsung bewegt in die feuchte Wolke eindringen, überziehen sie sich mit einer neuen Lage Feuchtigkeit, welche nach dem Abgestoſsenseyn in den kälteren Räumen über der Wolke hauptsächlich unter Mitwirkung der Verdunstung gefriert, wo-

1 G. IV. 327.

2 Vollst. und faſslicher Unterricht in der Naturlehre II. 224.

3 Vollständige auf Versuche und Vernunftschlüsse gegründete Theorie d. El. Wien. 1799. II Vol. 8.

4 Journ. de Phys. LXIX. 286. 333. Daraus in Gehlen's Journ. VII. 67. 223. ursprüngl. in Brugnatelli Giorn. I. 31. 129 u. 179. Verwandte Abhandl. von ihm findet man in Memorie del Inst. Ital. T. I. Part. II. Giornale di Fisica e Chimica di Pavia. T. I.

nach alſo zuletzt die ungemein groſsen Hagelkörner entweder unmittelbar oder durch Zusammensinterung mehrerer kleinerer gebildet werden, welche dann durch ihr Gewicht die Wolke durchbrechen, und herabfallen. Obgleich diese Hypothese zur Erklärung der Hagelbildung genügt, so glaubt doch Volta, daſs der Proceſs weit leichter vorstellbar sey, wenn man zwei Wolken in einem mäſsigen Abstande horizontal über einander schwebend, die eine pos. die andere neg. el. annehmen wollte. Zwischen diesen beiden sollen dann die anfänglich gebildeten Flocken so lange sich auf und nieder bewegen, bis sie die der Repulsionskraft der Wolken proportionale Gröſse erhalten haben, die Wolke durchbrechen und herabfallen. Volta denkt sich dann die Schneebildung im Winter auf die Weise, daſs die Dunstbläschen über den Gefrierpunct warm in der Wolke schweben, deren Umgebung unter 0° C. erkältet ist. Wird eine solche Wolke durch den Windstoſs zerrissen, oder fallen kleine Tröpfchen aus einer Wolke durch eine unter den Eispunct erkältete Luftschicht, so verwandeln sich beide in Schnee, welcher sofort nach seiner Bildung herabfällt, weil die Wolke keine hinlänglich starke Elektricität besitzt, um die zur Hagelbildung erforderliche Abstoſsung und Anziehung hervorzubringen. Im Sommer dagegen werden die Wolken selbst durch die Verdunstung in den oberen Schichten stark erkältet, die einzelnen Dunstbläschen platzen und gefrieren, die Elektricität der Wolken ist stark genug, um die gebildeten Kerne den positiv und negativ elektrischen Wolken entgegen zu schleudern, dabei nehmen sie theils die in den Wolken als Dunstbläschen vorhandene Feuchtigkeit auf, theils die in den Zwischenräumen befindliche nicht bläschenförmige, und werden hierdurch allmälig zu den groſsen verschieden gebildeten Hagelkörnern gestaltet. Volta zweifelt nicht, daſs die Elektricität der Wolken hinreiche, um diese Bewegung der schweren Hagelkörner zu bewirken, weil sie die unserer Maschinen um ein Vielfaches übertrifft, und manche Physiker versinnlichen den Proceſs der Hagelbildung durch kleine Flocken Baumwolle oder Kugeln vom Marke der Sonnenblumen, welche zwischen zwei entgegengesetzten elektrisirten Scheiben hin und her hüpfen, auch nach Art wirklicher Hagelkörner sich vereinigen, ohne jedoch dabei zu berücksichtigen, daſs Wolken keine festen Scheiben und halbpſündige Hagelkörner keine Flocken Baumwolle sind.

Volta macht sich selbst einen Einwurf gegen diese zweite Modification seiner Theorie, welcher zu nahe liegt, als daſs er übersehen werden konnte. Es sey nämlich, meint er, auf den ersten Blick nicht wohl erklärbar, warum die beiden entgegengesetzt el. Wolken sich nicht selbst so stark anzögen, daſs sie zusammenfielen, und sich dadurch wechselseitig neutralisirten, statt sich einander eine geraume Zeit hindurch eine solche Masse Hagelkörner zuzusenden. Indeſs beantwortet er diesen Einwurf damit, daſs er annimmt, die untere Wolke werde nicht bloſs durch die obere, sondern auch durch die Erdoberfläche, die Wälder u. s. w. angezogen und zwischen beiden Kräften im Stillstande erhalten. Die obere Wolke könne aber gleichfalls von andern höheren angezogen werden, es könnten selbst noch niedrigere unter der unteren eine Anziehung gegen diese letztere ausüben, wodurch in den untersten und obersten, die eigentliche Hagelbildung bewirkenden Wolken mancherlei oftmals sichtbare Bewegungen und Fluthungen erzeugt werden könnten; und endlich dürfe man immerhin zugeben, daſs die beiden Wolken einander anzögen, an einer eigentlichen Annäherung aber zugleich durch ihre eigene Masse gehindert würden, so daſs durch die Langsamkeit der Bewegung die el. Spannung derselben bei gegenseitiger Annäherung wachsen, die wiederholte Abstoſsung und Anziehung der Hagelkörner befördert werden, und diese deswegen an Gröſse zunehmen müſsten. Fallen dann endlich die Wolken wirklich zusammen, oder werden sie durch die Gewalt der Hagelkörner durchbrochen, so fallen die letzteren herab, und das eigentliche Hagelwetter tritt ein.

22. So sinnreich auch diese Hypothese durch einen der scharfsinnigsten Physiker ausgedacht und der Mehrheit der das ganze Phänomen bestimmenden Thatsachen angepaſst ist [1], so scheint sie mir doch aus überwiegenden Gründen ganz unhaltbar zu seyn. Nehmen wir zuerst die Ansicht der zwei elektrischen Wolken, so ist zwar durch das Hülfsmittel einer Anziehung der Erde scheinbar geholfen, allein die Zurückführung auf genauere Gröſsenbestimmungen zeigt evident die Unhaltbarkeit. Eine Hagelwolke kann nämlich bei ihrer anfänglichen Bildung gar wohl 8 bis 10000 Fuſs über die Oberfläche der Erde erhaben seyn, wir wollen indeſs nur ein Minimum von 2000 F. anneh-

1 Vergl. Volta's Brief an Configliachi in Ann. Ch. P. IV. 245.

men, und hiernach das Verhältniſs der el. Anziehungen prüfen, welche von der Erde und einer höheren Wolke gegen die Haupthagelwolke ausgeübt werden soll. Da die el. Anziehung den Quadraten der Entfernung umgekehrt proportional ist, so kann die obere Wolke um so weniger eine geringere Entfernung von der ersteren haben, als man jene negativ elektrisch, die Erde dagegen neutral annimmt, so daſs also die obere Wolke stärker als die Erde anziehen müſste. Setzen wir aber dann das angenommene Minimum noch auf die Hälfte herab, so müſsten die Hagelkörner 1000 F. hoch in die Höhe geschleudert werden, um die obere Wolke zu erreichen, wozu eine Wurfkraft erforderlich wäre, welche schwerlich jemand der Elektricität einer Hagelwolke beimessen wird. Das gewählte Hülfsmittel von noch höheren Wolken, welche die obere der beiden eigentlich wirksamen elektrischen am Herabsinken hindern soll, schwebt ganz eigentlich in den Lüften, und bedarf nach dem so eben Gesagten sicher keiner eigentlichen Widerlegung. Ein nicht sehr bedeutendes Argument liegt ferner in den elektrischen Aeuſserungen der Hagelwolken. Viele Blitze aus denselben verlaufen sich allerdings in den höheren Regionen, und das oben Nr. 16 erwähnte anhaltende Leuchten spricht sogar bestimmt hierfür, allein unleugbar schlagen auch viele derselben auf die Erde, und da die Elektricität bei ihrer Ausgleichung den minder elektrischen Körper durch Null bis zum stärkst negativ elektrischen sucht, so könnte kein Blitz von der unteren Wolke die Erde treffen, so lange sich in gleichem Abstande von ihr eine negativ elektrische Wolke findet. Wollte man aber endlich annehmen, daſs beide Wolken gleich groſs und von gleicher elektrischer Spannung wären, so müſsten sie bei ihrer Vereinigung neutral werden, was auch so ziemlich bestimmt aus Volta's Darstellung des Processes des Hagelns folgt, und dann müſste das Blitzen aufhören, was aber ganz gegen die Erfahrung streitet[1].

Ein Hauptfehler der aufgestellten Theorie liegt offenbar in einer unrichtigen Vorstellung von der eigentlichen Beschaffen-

1 Auch Arago hält die Bildung des Hagels zwischen zwei Wolken für sehr zweifelhaft. Ann. Ch. Ph. XXXIII. 420. Annuaire présenté au Roi. pour l'an 1829. Er führt zugleich an, daſs die Luftelektricität bei Gewittern oft aus dem Positiven ins Negative übergeht, was gleichfalls gegen Volta's Theorie streitet, abgesehen davon, daſs kein Physiker je auf Bergen einen solchen Tanz beobachtet hat.

heit der Wolken, und diese wird noch unrichtiger durch den Versuch mit den elektrisirten Scheiben, und den zwischenliegenden Baumwollenflocken. Eine Gewitterwolke von oben herab bei hellem Himmel gesehen gleicht einem weiſslichen Meere von Nebel, welcher mit bedeutenden Wallungen in steigenden und fallenden, sich umkreisenden und nach den verschiedensten Richtungen abwechselnd sich bewegenden Wellen wogt. Das Ganze besteht aus lauter kleinen Dunstbläschen, welche in zahlloser Menge neben einander schweben, wie auch die Vorstellung seyn mag, welche man über die Natur derselben hegt. In diesen Massen ist nirgend ein fester Punct oder eine stabile Grenze, und die Annahme einer gröſseren und gröſsten elektrischen Spannung in ihrer Mitte ist nicht bloſs durchaus willkürlich, sondern selbst den erkannten Gesetzen vom elektrischen Verhalten der Körper widersprechend. Sollten aber die schon gebildeten Hagelkörner wiederholt von diesen Massen zurückgestoſsen werden, so ist gar kein Grund vorhanden, warum nicht jedes einzelne Dunstkügelchen derselben einer gleichen Einwirkung unterliegen sollte, wodurch aber die ganze Wolkenmasse zerstieben müſste, abgesehen daſs nach Volta die Hagelwolken, also auch die Gewitterwolken elektrischen Conductoren gleichen würden, eine durch de Lüc genugsam widerlegte Vorstellung, so wie zugleich davon, daſs nach jedem Blitze die el. Spannung der Wolken momentan aufhört, wonach die noch unvollkommenen Hagelkörner sofort herabfallen müſsten, den schon erwähnten Uebergang in den entgegengesetzt elektrischen Zustand nicht gerechnet. Wird dann ferner das angenommene Verhalten der Hagelkörner im Einzelnen dargestellt, so erscheint die Theorie noch weniger haltbar. Zu diesem Ende wollen wir nur da anfangen, wo das emporgeschleuderte und nachher seiner Elektricität beraubte Hagelkorn wieder gegen die Wolke zurückfällt. Indem sich demselben hier keine Begrenzung darbietet, so muſs es nothwendig in das Innere der Wolke eindringen, oder sich in den neblichen Dunst derselben herabsenken. Daſs sie elektrisch sey, und elektrische Repulsion ausübe, ist in Voraus angenommen. Ihre elektrische Intensität kann aber entweder überall gleich oder sie kann ungleich, und im letztern Falle nach Volta in der Mitte oder, wie es nach dem Verhalten elektrisirter Körper anzunehmen wäre, an den Grenzen am stärksten seyn. In allen diesen Fällen muſs

das angezogene Hagelkorn denjenigen Ort erreichen, wo die Elektricität am stärksten ist; denn ehe es hier mit der einseitigen Elektricität geladen wird, bleibt es allezeit entgegengesetzt elektrisch, welcher von den verschiedenen Theorieen man auch anhängen mag, wie denn auch die Körper von einem Conductor erst dann abgestoſsen werden, wenn sie mit ihm zur wirklichen Berührung gekommen sind. Hat aber das Hagelkorn diese Grenze der stärksten elektrischen Intensität erreicht, und trifft daselbst kein unüberwindliches Hinderniſs, wie bei dem Versuche mit den geladenen Scheiben und kleinen Ballen von Baumwolle oder Hollundermark, so wird es nach allen Seiten, nicht aber, wie ohne allen Grund vorausgesetzt ist, bloſs nach oben abgestoſsen, und muſs daher durch die Schwere und die elektrische Repulsion zugleich afficirt durchaus mit beschleunigter Geschwindigkeit herabfallen, den Einfluſs der Trägheit, wonach es in seiner herabgehenden Bewegung zu beharren strebt, nicht gerechnet. Es scheint mir also als bedürfe es keines weiteren Beweises der gänzlichen Unhaltbarkeit dieser Hypothese[1].

Sie wurde deswegen auch sogleich nach ihrer Bekanntwerdung von einem sehr gelehrten deutschen Physiker, Prechtl[2], mit überwiegenden Gründen angefochten, und hat sich seitdem hauptsächlich nur in Frankreich und Italien der groſsen Autorität ihres Erfinders wegen in Ansehn erhalten. Prechtl weiset im Allgemeinen die innern Widersprüche nach, daſs nämlich die Sonnenstrahlen über der Wolke eine groſse Trockniſs erzeugen *sollen*, so daſs die dahin aufwärts geschleuderten Dunstbläschen daselbst durch ihre Verdunstung gefrieren könnten, bei welcher Voraussetzung aber die Wolke selbst aufgelöset werden müſste und noch weniger begreiflich sey, wie die schon gebildeten Hagelkörner in eben jenen Gegenden durch Vereinigung mit dem dort vorhandenen Wasserdampfe zu so groſsen Massen anzuwachsen vermöchten. Insbesondere zeigt Prechtl zugleich die Unmöglichkeit des Emporschleuderns der schon gebildeten Ha-

1 Vergl. Bellani in Brugnatelli Giorn. T. X. p. 359. ff. Dieser Physiker versuchte den Versuch der tanzenden Kugeln vom Marke der Sonnenblume zwischen einer Wasserfläche und einer Scheibe nachzumachen, aber umsonst, auch bemerkt er, daſs nach dieser Theorie ein solcher Tanz angezogener und abgestoſsener Körper zwischen der Erdoberfläche und der Gewitterwolke beobachtet werden müsse.

2 Gehlen's Journ. VII. 223.

gelkörner, wie dieses durch die Elektricität der Wolken geschehen soll. Wird die Entfernung zwischen den beiden elektrischen Wolken nur zu 250 Fuſs angenommen, so müſste die untere bei einem Gewichte der Hagelkörner von 10 Unzen eine ganz undenkbare Wurfkraft haben, und noch weniger sey vorstellbar, wie diese Eismassen, aus einer solchen Höhe herabfallend, einen bloſsen Dunst, einen Nebel, zu durchbrechen nicht im Stande seyn sollten. Einige minder erhebliche Gegengründe nicht zu erwähnen nehme endlich Volta an, daſs die Elektricität der Wolken sich fortwährend mehr zerstreue und schwächer werde; da sie im Gegentheil stets zunehmen müsse, um den Tanz der fortwährend wachsenden Hagelkörner anhaltend zu bewirken.

23. Viele Physiker führen die Hagelbildung hauptsächlich auf die groſse Verdampfung zurück, welche die aus den feuchten Wolken niedergeschlagenen Wassertropfen in den höheren sehr trocknen oberen Luftschichten erleiden sollen, eine Ansicht, bei welcher hauptsächlich Leslie's sinnreicher Versuch zum Grunde liegt, daſs man das Wasser im Vacuo der Luftpumpe und durch Anwendung eines den gebildeten Dampf schnell absorbirenden Körpers, durch seine eigene Verdunstung zum Gefrieren bringen kann. J. T. Mayer [1] führte schon frühe die Hagelbildung der Hauptsache nach auf diese Ursache zurück, am vollständigsten aber ist diese Hypothese vorgetragen von dem Verfasser des Artikel's *Grêle* in der Encyclop. Méth., wonach die ganze Erscheinung auf folgende Weise erklärbar seyn soll.

Die Elektricität nebst der durch sie veranlaſsten Verdunstung ist so unbedeutend, daſs sie zwar etwas beitragen, unmöglich aber das ganze Phänomen bedingen kann. Wenn dagegen eine hinlängliche Menge Wasserdampf zu einem Regentropfen vereinigt ist, so wird er die Adhäsion an die Lufttheilchen überwinden, herabfallen, und hierbei eine bedeutende Verdampfung erleiden, welche an sich so viel stärker ist, und eine hierdurch erzeugte so viel gröſsere Kälte hervorbringt, je mehr die Berührungen mit stets neuen Lufttheilchen und die Compression der Luft eine stete Absorption des Dampfes herbeiführen. Die hierdurch gefrornen Regentropfen fahren fort,

---

1 Lehrbuch über die physische Astronomie, Theorie d. Erde und Meteorolog. Gött. 1805. 8. S. 278. u. Hannöv. Mag. 1800. St. 86.

bei ihrem Herabfallen zu verdunsten, hierdurch kälter zu werden, und diesemnach gefriert das Wasser, welches sie auf ihrer Bahn antreffen, in einzelnen Lagen auf ihre Oberfläche, wobei sie durch verschiedene leicht erklärbare Ursachen eine kreisende Bewegung um ihre Axe annehmen, durch welche die Verdampfung und in deren Folge die Erkaltung gleichfalls wächst. Als Bedingungen der Hagelbildung werden also erfordert zuerst daſs die Wolke, worin der Hagel entstehen soll, nicht unter den Eispunct erkaltet sey, damit die Dunstbläschen sich zu einem Tropfen vereinigen können; und zweitens daſs die Höhe der Wolke bedeutend genug sey, damit während der langen Dauer des Fallens die Verdampfung und Kälte den erforderlichen Grad erreichen. Etwas anders modificirt und der Hypothese von Mongez mehr angepaſst könnte dann auch angenommen werden, daſs in den oberen Regionen, wo die Temperatur unter dem Gefrierpuncte ist, eine Wolke existire, in welcher durch Zusammensinterung von Schneetheilchen der Kern der Hagelkörner gebildet würde, unter derselben aber eine andere, über den Eispunct warme, und vielen Wasserdunst enthaltende dicke Wolke. Fiele dann der Kern des Hagelkornes durch die letztere herab, so würde er unter Voraussetzung steter Verdampfung und Erkaltung in Folge des Herabfallens und der rotirenden Bewegung eine Menge Wasser auf seiner Oberfläche in Eis verwandeln, und dadurch allmälich in ein groſses Hagelkorn verwandelt werden. Im Winter, wenn die Wolken so *hoch nicht* gehen, und sich unter denen, worin bei 0°C. Temperatur die Schnee- und Graupeln-Bildung erfolgen kann, keine andere mit vielem Wasserdunst gesättigte befinden, kann die Hagelbildung nicht erfolgen, sondern es fällt dann bloſs Schnee und Graupelhagel. Eben diese Hypothese von zwei über einander befindlichen Wolken u. s. w. hat de Lüc früher aufgestellt[1], nachher aber selbst wieder zurückgenommen[2], als er in den Savoyischen Gebirgen einst ein starkes Hagelwetter unter sich sah, und dabei keine höhere Wolke zur Bildung des Kerns wahrnahm. Beiläufig wird dann noch die Meinung derjenigen widerlegt, welche annehmen, der Hagel entstehe dadurch, daſs groſse Regentropfen beim Herabfallen durch die Verdunstung

---

1 Recherches sur les Modif. de l'Atmosp. §. 714.

2 Idées sur la Météor. T. II. §. 642.

allmälig gefrören, wonach also der Proceſs gerade der umgeke des eben angegebenen seyn würde. Es streite nämlich d gen der Umstand, daſs unmöglich in jenen Höhen Wassertro von solcher Gröſse entstehen, noch auch so tief herabfallen kö ten, ohne zerstiebt zu werden, und auſserdem müſste die erst gebildete, das noch flüssige Wasser einschlieſsende, hülle dieser groſsen Tropfen später zerplatzen, weil das bei seiner Entstehung ein gröſseres Volumen hat, als das bildende Wasser. Zu diesen allerdings gegründeten Argum ten möchte ich noch ein neues hinzusetzen, nämlich daſs da ein schlechter Wärmeleiter ist, so daſs unmöglich während Herabfallens eines solchen anfänglich gebildeten Hagelk durch die zuerst entstandene Eiskruste soviel Wärme ausströ könnte, als erforderlich wäre, um die ganze Masse in Eis verwandeln, und so würde um so eher der vom Verfasser Artikels angegebene Fall eintreten, daſs man zuweilen sol nicht ganz gefrorene Hagelkörner fände, wovon nirgend Beispiel vorkommt. Uebrigens könnte Delcros das Zerplat der von ihm angenommenen groſsen Eiskugeln[1] als eine Fc der Ausdehnung des im Inneren später gefrierenden Wassers zusehen geneigt seyn.

24. Daſs die Verdampfung des Wassers eine groſse K erzeuge, dieses ist aus so zahlreichen Erscheinungen, insbes dere aus dem interessanten Versuche von Leslie so allgem bekannt, daſs es keines weiteren Beweises bedarf, aber denn zweifle ich sehr, daſs sich die Bildung des Hagels hieraus al erklären lasse, wollte man auch den Ort seiner Entstehung n so hoch und die Luft daselbst noch so trocken annehmen. S man unter mittleren Breiten seine Entstehung in 10000 F. l he, so ist der mittlere Barometerstand dort etwa 18 Par. 2 und jedermann weiſs, daſs selbst über Schwefelsäure unter nem Recipienten bei einem solchen Barometerstande kein W sertropfen in Eis verwandelt werden könnte[2]. Auſserdem a wird hierdurch die Auflösung des fraglichen Problems nicht deutend weiter gebracht, denn die Entstehung des Kerns in Hagelkörnern kann leicht erklärt werden, wenn man zugest daſs die mit Dampf erfüllten Wolken bis zu solchen Höhen

1 S. oben Nro. 5.

2 Vergl. Bellani in Brugnatelli Giorn. 1818.

langen, wo vereinigte Dunstbläschen durch die kalte Temperatur des Ortes ohnehin alsobald gefrieren müssen. Auf allen Fall kann man nicht umhin die Vergröſserung der Hagelkörner, also die eigentliche Bildung der so ausnehmend groſsen Eismassen während ihres Herabfallens geschehend anzunehmen, und dabei tritt dann die Frage ein, ob die bei diesem Herabfallen zugleich stattfindende Verdampfung ohne weitere Bedingungen hinreicht, die Verwandlung so groſser Wassermassen in Eis möglich zu machen; denn angenommen, daſs der Kern des Hagels in den oberen Regionen durch Verdampfung gebildet würde, so müſste er dann alsobald zu fallen anfangen, und also seine Vergröſserung gleichfalls erst auf seinem Wege zur Erde erhalten. Da die durch Verdunstung erzeugte Kälte wirklich sehr stark ist, so finde ich es sehr natürlich, daſs manche Physiker die Hagelbildung darauf zurückführen, um so mehr, als ich mich gelesen zu haben erinnere, daſs jemand Wassertropfen aus einer ziemlichen Höhe herabfallen lieſs, und sie gefroren am Boden ankommen sah. Allein dabei war die Temperatur mehrere Grade unter dem Gefrierpuncte, und gerade das Wesentlichste, nämlich die enorme Vergröſserung des entstandenen Hagelkornes fehlte. Bringt man die Frage auf möglichst genaue Zahlenbestimmungen zurück, welches allezeit ungleich besser ist als eine allgemeine Berufung auf die Wirksamkeit der Naturkräfte, so bedarf beim Gefrierpuncte ein Volumen tropfbar flüssiges Wasser 640° C. Wärme, um in Dampf aufgelöst zu werden, und macht zugleich 75° C. Wärme durch seine Verwandlung in Eis frei. Es ist also hiernach allerdings richtig, daſs im Verhältniſs von $\frac{640}{75} = 8{,}5 \ldots : 1$ die Eisbildung stattfinden, oder weniger als $\frac{1}{8}$ Wasser verdampfen wird, um ein als Einheit gegebenes Volumen desselben in Eis zu verwandeln. Denken wir uns indeſs die Hagelbildung ohne weitere mitwirkende Bedingung in der Hagelwolke und in dem Raume unter ihr vorgehend, wie aus der eben angegebenen Erfahrung des de Lüc folgt, so ist die Wolke schon an sich über den Sättigungspunct mit Wasserdampf überladen, und es kann also in ihr keine Verdampfung mehr statt finden, wie trocken auch die Luft über derselben seyn mag, da ein so schnelles Aufsteigen des gebildeten Dampfes in die höheren Regionen, als dieses zur Erklärung des Processes erforderlich wäre, ganz undenkbar ist, hauptsächlich wenn man zugleich berücksichtigt, daſs das Hagelkorn

sogleich nach der Bildung seines Kernes zu fallen anfängt. Ohnehin aber würde, eine so starke Verdampfung an der obern Grenze der Wolke vorausgesetzt, diese vielmehr selbst aufgelöset werden, und überall keine Hagelbildung statt finden. Daſs aber die Luftschichten unter der Hagelwolke bis zur Erdoberfläche herab zuverlässig bis zur Temperatur des Gefrierpunctes mit Wasserdampf gesättigt sind, dieses wird schwerlich irgend Jemand in Abrede stellen, zumal da vor den Hagelwettern in der Regel eine sehr schwüle und feuchte Disposition der Luft herzugehen pflegt. Ist aber die Dichtigkeit des Wasserdampfes in der Atmosphäre diejenige, welche dem Gefrierpuncte des Wassers oder einer höheren Temperatur zugehört, so kann auch keine Aufnahme des von dem eiskalten Hagelkorne abgegebenen Dampfes stattfinden. Dieses Argument muſs indeſs richtig verstanden werden. Es ist nämlich allerdings gegründet, daſs ein Wassertropfen, gegen welchen wärmere und mit Wasserdampf mehr gesättigte Luft geblasen wird, als dem Gefrierpuncte zugehört, unter die Temperatur dieser Luft erkaltet wird, und so könnte man auch sagen, das Hagelkorn werde durch die Berührung mit stets wechselnden Luftschichten kälter; allein in dem angegebenen Falle wird der Wassertropfen bei zunehmender Verminderung seiner Temperatur stets kleiner, bei der Hagelbildung dagegen müſste er durch Verwandlung des in ihm als Wasser oder Eis enthaltenen tropfbar flüssigen Wassers in Dampf stets kleiner und kälter, durch Verwandlung des in der Luft enthaltenen Dampfes in Wasser oder Eis aber stets gröſser werden, und da beide Bedingungen einander aufheben, so folgt nothwendig, daſs eine Vergröſserung des Hagelkornes im Fallen durch die Luft unmöglich ist, folglich seine Bildung in der Wolke selbst vollendet seyn muſs, wobei dann aber das so eben geltend gemachte Argument, daſs diese an sich mit Wasserdunst übersättigt ist, wieder eintritt.

25. Von Humboldt [1] hat zwar keineswegs eine vollständige Theorie der Hagelbildung aufgestellt, wohl aber einige Vermuthnngen über dieses räthselhafte Phänomen mitgetheilt, welche, von einem so erfahrnen Naturforscher kommend, nicht unbeachtet bleiben dürfen. Vor allen Dingen ist es auffallend, daſs in der äquatorischen Zone in der Ebene des Meeresspiegels

---

1 S. Reisen d. Ueb. III. 465.

oder in geringer Höhe über dieſem letzteren, etwa bis 1800 F., die Erſcheinung des Hagelns gar nicht vorkommt. Will man alſo annehmen, daſs dieſes von dem Schmelzen der Hagelkörner in den niederen Luftſchichten herrührt, deren mittlere Temperatur indeſs im Sommer nicht höher iſt, als unter höheren, dem Hageln unterworfenen Breiten, ſo ſcheint hieraus zu folgen, daſs die Hagelkörner im Augenblicke ihres Entſtehens an den letzteren Orten gröſser ſind, als an den erſteren. Von Humboldt bekennt indeſs, daſs uns die Bedingungen, unter denen das Waſſer in einer Gewitterwolke in unſerem Klima gefriert, noch zu wenig bekannt ſind, um zu beurtheilen, ob die nämlichen auch unter dem Aequator in gleichen Höhen ſtattfinden. Zugleich bezweifelt er, daſs bei uns der Hagel allezeit in einer Luftregion gebildet werde, deren mittlere Temperatur = 0° C. ſey, und deren Höhe bei uns im Sommer nur etwa 9000 bis 10000 F. betrage, vielmehr ſeyen die Wolken, worin man den Hagel zuſammenſchlagen höre, allezeit viel niedriger, und gerade in dieſen niederen Höhen könne durch die Ausdehnung der aufſteigenden Luft, welche eben dadurch an Wärmecapacität zunimmt, eine auſserordentliche Kälte erzeugt werden, welche noch obendrein durch die Wärmeſtrahlung aus der oberen Wolkenſchicht einen bedeutenden Zuwachs erhalte.

Ueber dieſe letztere Hypotheſe, nämlich eine Strahlung der Wärme nach dem leeren Himmelsraume, habe ich mich ſchon wiederholt erklärt, nämlich daſs ſie für unzuläſsig zu erklären ſey, weil wir kein Beiſpiel haben, daſs ein Körper durch Strahlung, noch obendrein im hellen Sonnenſcheine und bei der groſsen Intenſität der Sonnenwärme in der dünneren Luft der höheren Regionen [1] unter die Temperatur der Umgebung herabſinke, und obendrein iſt dieſelbe alſobald unmöglich, als die Undulationstheorie des Lichts die Oberhand erhält, wozu es in dieſem Augenblicke ſehr den Anſchein hat. Daſs aber die durch die Ausdehnung der aufſteigenden Luft abſorbirte Wärme eben dieſe Luftmaſſen nicht auf eine tiefere Temperatur herabbringe, als diejenige der Regionen iſt, in welche ſie ſich erhebt, dieſes glaube ich gleichfalls durch überwiegende Gründe nachgewieſen zu haben [2], auch folgt es ſchon ganz einfach aus

1 S. *Erde.* Th. III. S. 144.
2 S. *Erde.* Th. III. S. 1038.

dem Argumente, daſs wir im entgegengesetzten Falle keine wärmere Luftschichten in gröſseren Höhen haben könnten, deren Existenz unmöglich geleugnet werden kann. Hiernach erscheinen daher auch diese beiden angegebenen Bedingungen als unzulässig zur Erklärung des vorliegenden Problems. Auch Bellani [1] leitet die Kälte, welche die Bedingung der Hagelbildung ist, von einer starken Expansion der Luft ab, allein diese soll nach ihm eine Folge der Elektricität seyn, ohne daſs jedoch zugleich angegeben wird, auf welche Weise diese Ursache jene Wirkung herbeiführen könne.

26. Der scharfsinnige L. v. Buch [2] stellt eine Hypothese auf, welche in ihren Hauptelementen Folgendes besagt. Der Hagel entsteht dadurch, daſs über stark von der Sonne beschienenen und daher sehr erhitzten Gegenden starke Strömungen von Luft und Dampf bis zu beträchtlichen Höhen aufsteigen, aus denen Wassertropfen niedergeschlagen werden, welche beim Fallen so viel mehr verdunsten, je mehr sie aufsteigenden Luftströmungen begegnen, wodurch sie sehr erkalten, gefrieren und dann im Fallen durch die Aufnahme des Wasserdunstes der Wolken vergröſsert werden. In dieser Ansicht liegt gewiſs viel Wahres, weswegen ihr auch Schübler [3] beitritt; indeſs scheinen mir gegen die so groſse erkältende Wirkung der aufsteigenden, als warm und feucht so eben angenommenen Luftschichten aus den oben mitgetheilten Gründen bedeutende Zweifel hervorzugehen. Indem es nun gewiſs höchst schwierig ist, dieses Problem völlig befriedigend zu erklären, so erlaube ich mir folgende Hypothese darüber mitzutheilen, welche im Wesentlichen auch schon von Franklin [4] und Cotte [5] aufgestellt ist.

27. Zuvörderst sind die im Frühjahre so häufigen Graupelschauer durchaus nicht schwer zu erklären, indeſs bereitet ihre Erklärung diejenige vor, welche sich von der eigentlichen Hagelbildung geben läſst. Sie finden nämlich am häufigsten dann statt, wenn der Erdboden noch die Winterkälte hat, aber durch die Strahlen der höher emporkommenden Sonne oberfläch-

1 Brugnatelli Giorn. T. X. p. 359.
2 Denkschr. der Berl. Ges. d. Wiss. Jahrg. 1818. S. 73.
3 Schweigg. Journ. N. F. XIV. 229.
4 Manch. Mem. II. 357.
5 Journ. génér. de France. 1788. Nr. 95.

lich bedeutend erwärmt wird, so daſs eine nicht unbeträchtliche Menge Wasserdampf in die höheren Regionen aufsteigt, wo noch im Ganzen die kalten winterlichen Luftströmungen herrschen. Einen sehr auffallenden Beweis dieser noch vorhandenen gröſseren Kälte giebt der Umstand, daſs die Nächte dann noch meistens sehr kalt sind[1], und daſs man sowohl am Thermometer als auch an sich eine empfindliche Kälte wahrnimmt, sobald die Sonne durch die dann gewöhnlichen dicken Wolken nur momentan etwas verdunkelt wird. Wegen der im Ganzen herrschenden kalten und trocknen Luft, welche sich im Frühjahre oft auch dann ankündigt, wenn die unteren Luftschichten durch die kräftige Wirkung der anhaltend bei heiterem Himmel erwärmenden Sonnenstrahlen eine höhere Temperatur annehmen, ist die Verdampfung des Wassers von der Erde bei den vorherrschenden Graupelschauern bedeutend stark, und erklärt die bekannte Erfahrung, daſs bei den häufig und zuweilen mehrmals an einem Tage wiederkehrenden Regenschauern der Boden leicht Trockenheit zeigt, und die Vegetation, insbesondere in sandigen Gegenden, nur langsam fortschreitet; denn vieles Wasser geben solche Strichregen insbesondere im nördlichen Deutschlande nicht. Die mit Wasserdampf gesättigten Luftschichten steigen dann durch ihr geringeres specifisches Gewicht als Folge theils ihrer Erwärmung, theils ihres groſsen Dampfgehaltes in die Höhe, und werden wegen der schlechten Wärmeleitungsfähigkeit der Luft nicht eher abgekühlt, als bis sie durch einen Windstoſs oder das Eindringen der umgebenden kälteren Luftschichten in ihre Masse, bewirkt durch einen partiellen Niederschlag oder eine sonstige Ursache, mit den kältern Luftschichten gemengt sind. In dem Augenblicke, wenn dieses geschieht, erfolgt eine Vereinigung des Wasserdunstes zu Regentropfen, oder zusammenballenden Schneeflocken, welche in der kalten umgebenden Luft zusammensintern, und je nach dem quantitativen Verhältnisse und der niederen Temperatur der beigemischten kalten Luft wird aller Wasserdunst in Graupeln und Schnee, oder Graupeln allein oder Graupeln mit nachfolgendem Regen verwandelt, die ganze Wolke und mit ihr durch Raum-

---

1 In solchen Zeiten sind Nachtfröste sehr häufig und am meisten zu fürchten, wenn nach den Graupelschauern der Himmel am Abende heiter wird.

verminderung, als Folge des niedergeschlagenen Dampfes, die obere kalte Luſtschicht senkt sich herab, es entsteht ein kurzdauernder, nicht sehr heſtiger Sturm, oft bloſs ein starker Wind, und weil die gefrornen Theile unterwegs nicht lange genug und in nicht sehr erwärmten Luftschichten verweilen, so kommen sie ungeschmolzen auf die Erde; die erleichterte Wolke hebt sich wieder, kann aufs Neue Dampf anziehen und den beendigten Proceſs mehrmals wiederholen. Hieraus erklärt sich leicht, warum Graupeln auf hohen Bergen und bei milder Witterung im Winter so häufig sind. Solche Schauer sind allezeit stark elektrisch, lieſern aber nur dann einen oder einige wenige Blitze mit starkem Donner, wenn sie bedeutend groſs sind und der Niederschlag nebst dessen Gefrierung schnell erfolgt, weswegen dann auf das Graupeln meistens ein starkes Schneegestöber folgt.

28. Der Proceſs der Hagelbildung muſs wohl im Ganzen dem angegebenen ähnlich seyn, allein er erfolgt unter anderen Bedingungen und mit verschieden modificirten Erscheinungen. Zuerst kann man gegen Hagelwetter absolut oder im hohen Grade sicher seyn, so lange der Wind lebhaft wehet und die verschiedenen Luftschichten durch einander mischt, diese Sicherheit würde aber eine vollkommene seyn, wenn das Hagelwetter allezeit an demjenigen Orte und in denjenigen Luftregionen gebildet würde, worin seine Wirkungen zum Vorschein kommen. Es können indeſs in den unteren Luftschichten Bewegungen stattfinden, welche die oberen nicht afficiren, und auf gleiche Weise zeigt die Erfahrung, daſs schon gebildeter Hagel zuweilen durch heftige Sturmwinde noch Meilenweit fortgetrieben wird, ehe er im Fallen die Erde erreicht. Eine zweite, den Hagelwettern fast allezeit vorausgehende Witterungsdisposition ist eine für die Jahreszeit ungewöhnliche schwüle Hitze mit meistens hellem Himmel. Viele Kennzeichen machen es wahrnehmbar, daſs die Luft mit Wasserdampf völlig gesättigt ist, den sie entweder an dem Orte selbst aufgenommen hat, wo sie sich anhaltend ruhig oder in langsamer Bewegung befand, oder welcher aus entfernteren, meistens wärmeren und feuchten, Gegenden herbeigeführt wurde. Von diesem hohen Feuchtigkeitsgrade der Luft glaube ich auch hauptsächlich das unangenehme Gefühl ableiten zu müssen, welches die meisten Menschen vor einem starken Gewitter wegen gehemmter Ausdün-

empfinden. Daſs aber die sehr erwärmten und mit Wasdampf übersättigten Luftschichten aufsteigen müssen, versteht von selbst, und da dieses über ausgedehnten Strecken geeht, so erklärt sich hieraus das den Hagelwettern meistens ausgehende und der Stärke derselben in der Regel proporle Sinken des Barometers. Um die Wirkung dieser Ursache f bestimmte Zahlengröſsen zurückzubringen, wollen wir die dehnung der Luft durch Wärme ganz vernachlässigen, weil sich auch auf gröſsere Entfernungen erstrecken kann, und den Einfluſs des Wasserdampfes in Rechnung nehmen. sey zu diesem Ende die Höhe, bis zu welcher diese Wirng sich erstreckt = 10000 F. nach der oben Nr. 25. mitgeeilten Annahme v. Humboldt's, und die Temperatur von rt an bis zur Erde von 0° bis 30° C. zunehmend; es ist fer- die Dichtigkeit des Wasserdampfes für diese Temperaturen gen Luft = 0,003005 und 0,023113, die Elasticität aber 0,1282 und 1,0963, aus beiden das arithmetische Mittel also 0,013059 und 0,6123. Das Product aus der Elasticität und ichtigkeit genommen und mit der trockenen atmosphärischen ft verglichen, giebt an, um wieviel die feuchte Luft leichter und mit welcher Geschwindigkeit sie daher aufzusteigen ebt. Das Verhältniſs jener Gröſsen giebt 0,0002856, als um lchen Theil die mit Wasserdampf gesättigte Luft leichter ist, d wenn wir dann weiter mit genäherter Bestimmung anneh- en, daſs die umgebenden Luftmassen nur bis zur Hälfte mit sserdampf gesättigt sind, so wird die eben gefundene Gröſse die Hälfte herabgehen. Die Geschwindigkeit, womit eine sigkeitssäule in einer andern aufzusteigen oder herabzusinstrebt, wird aber nach der Formel $c = n\sqrt{4gh}$ gefunden[2], n c die Geschwindigkeit in 1 Secunde, g den Fallraum in elben Zeit, h die verticale Höhe, alles in Pariser Fuſsmaſs, n den Dichtigkeitscoefficienten bezeichnet. Setzt man für n gefundenen Werth, g = 15 F. h = 10000 F. wie hypotheangenommen ist, so wird c = 0,1106 F. als diejenige Geindigkeit gefunden, womit die Luft aufzusteigen das Been hat. Die hiernach aufgefundene Steigkraft der Luft, wir dieses so nennen wollen, kann und wird in den bei

---

S. *Dampf.* Th. II. S. 386 u. 351.

S. unter *Heizung.* Nr. 31.

weitem meisten Fällen noch bedeutend vermehrt werden durch die in Folge erhöheter Temperatur stattſindende Ausdehnung; daſs sie aber nicht als wirkliche Bewegung realisirt werden könne, dieses versteht sich von selbst, weil sonst unter der angenommenen Luftsäule ein Vacuum entstehen müſste. Soll dieses Aufsteigen also wirklich stattfinden, so muſs unten von irgend einer oder von allen Seiten her die Luft zuströmen, und aus diesen Strömungen leiten sich die einzelnen aufsteigenden, Staub, Kräuter u. s. w. mit sich nehmenden Wirbelwinde her, welche man zur Zeit der herrschenden Gewitter so oft wahrzunehmen pflegt und als Folgen der Elektricität ansieht, obgleich diese letztere die Körper geradlinig anzieht und abstöſst, auch kein Grund vorliegt, welcher plötzlich an irgend einer Stelle der Erdoberfläche so viele Elektricität zu erzeugen vermöchte, daſs dadurch nicht selten bedeutende Massen in die Höhe gehoben würden, indem sonst vielmehr die Elektricität aus der Luft sich über die Erdoberfläche zu verbreiten das Bestreben zeigt. Hieraus wird es dann endlich auch erklärlich, daſs in den unteren Regionen mäſsig starke Luftströmungen stattfinden können, obgleich in gröſseren Höhen über der Erdoberfläche eine gänzliche Ruhe herrscht.

29. Hiernach kann also ohne irgend einen, auch nur scheinbaren Gegengrund angenommen werden, daſs bedeutend erwärmte und mit Wasserdampf gesättigte Luftmassen allmälig zu beträchtlichen Höhen emporsteigen. Daſs solche in höheren Regionen oft wirklich vorhanden sind, ist übrigens nicht bloſse Hypothese, sondern Thatsache. Auſserdem, daſs gewiſs jeder aufmerksame Beobachter beim Ersteigen nur mäſsig hoher Berge oft bedeutend erwärmte Luſtschichten, hauptsächlich des Abends, angetroffen hat, erwähnt Brandes[1] seine Wahrnehmungen solcher warmen Luftschichten durch die Strahlenbrechung in denselben, und eben diese bringen dann auch die Verdoppelung der Bilder in der Luft hervor, welche nicht selten bald an der einen, bald an der andern Stelle wahrgenommen wird[2]. Auf La Perouse's Reise fühlten sich die Matrosen im Mastkorbe wiederholt von glühend heiſsen Dünsten umgeben, welche wie-

---

1 Beobachtungen über die Strahlenbrechung. Oldenb. 1807. 4. S. 46.

2 Brandes a. a. O. S. 121. u. bei G. XVII. 176.

der verſchwanden, aber nach 1,5 Minuten etwa wiederkehrten, und diesemnach in einzelnen Maſsen vorhanden seyn muſsten; es folgte eine Wetterveränderung auf dieses Phänomen [1], und auch GARNERIN berichtet, daſs er bei seinem aërostatischen Aufsteigen am 28sten Juni 1802 mit Capt. SNOWDON in den oberen Regionen sehr warme Luftschichten getroffen habe [2]. Was aber im Einzelnen so häufig vorkommt, kann auch im Groſsen noch leichter stattfinden, ohne deswegen oft beobachtet zu werden, und man darf daher das theoretisch so wohl begründete Aufsteigen der stark erwärmten und mit Dünsten überladenen Luftschichten über feuchten, mehrere Quadratmeilen einnehmenden Strecken immerhin als Thatsache annehmen. Wegen der schlechten Wärmeleitung der Luft können diese Maſsen nur an den Grenzen abgekühlt werden, in sich selbst aber werden sie die höhere Temperatur und den groſsen Gehalt an Waſserdampf beibehalten. Wie hoch solche Maſsen sich erheben ist zwar nicht genau bestimmbar, allein wenn die schwüle Hitze lange anhält und die Windstille längere Zeit dauert, so ist es kaum anders möglich, als daſs sie sich weit über die Schneegrenze, folglich in Gegenden erheben, deren mittlere Temperatur tief unter dem Gefrierpuncte liegt. Dabei ist keineswegs erforderlich, daſs diese Luftmaſsen ganz unbeweglich mehrere Tage stehen bleiben, vielmehr ist es aus vielen Gründen sehr wahrscheinlich und zur Erklärung der Phänomene nothwendig anzunehmen, daſs sie sich langsam über weite Strecken, und zuweilen in der Art bewegen, daſs an dem Orte der ursprünglichen Bildung stets neue solche Maſsen aufsteigen. Wie würde es sonst möglich gewesen seyn, daſs bei dem groſsen Hagelwetter im Jahre 1788 eine Strecke von mehr als 100 Lieues durch Hagel verwüstet wurde, wenn man voraussetzen wollte, die gesammte Menge sey aus einer einzigen fortbewegten Wolke herabgefallen, und nicht vielmehr, daſs die atmosphärischen Bedingungen zur Bildung einer so enormen Menge Hagels schon vorher über der ganzen Strecke verbreitet gewesen wären, in denen dann der Niederschlag schnell nach einander erfolgen muſste.

30. In diesen gewiſs nur allzuwohl begründeten Bedin-

---

1 Voyage autour du Monde. II. 389.

2 G. XVI. 26.

gungen liegen übrigens die sämmtlichen Elemente zur Erklärung der so oft untersuchten furchtbaren Naturerscheinung, wie die folgenden Betrachtungen näher nachweisen werden. Die so aufsteigenden Luftmassen müssen durch ihre Ausdehnung bei vermindertem Drucke von ihrer Temperatur allerdings verlieren, allein ihre Wärme bleibt allezeit gröſser, als die der umgebenden Luftmassen. Was vorerst den enthaltenen Wasserdampf betrifft, so sind die Gesetze seines Verhaltens zur Erzeugung der bekannten atmosphärischen Processe sehr geeignet. Zuvörderst kann der Wasserdampf nicht füglich in solche Höhen gelangen, daſs die Elasticität der Luft geringer wäre, als seine eigene; je höher derselbe aber gehoben wird, um so gröſser ist seine Menge im Verhältniſs zur Luft, da die Menge des in einem gegebenen Raume enthaltenen Wasserdampfes unter jedem Luftdrucke dieselbe ist [1]. Wird aber die Temperatur vermindert, so erfolgt dennoch keineswegs sogleich ein Niederschlag, wenn der Dampf nicht mit einem die Wärme leicht aufnehmenden dichten Körper in Berührung kommt, vielmehr kann sich derselbe lange bei einer hohen Temperatur erhalten, wie sich in Brauhäusern, Salzsiedereien u. s. w. zeigt, und hierauf beruhet hauptsächlich die hohe Wärme, welche nach obigen Angaben in höheren Regionen oft beobachtet ist. Sinkt die Temperatur herab, so wird die Dichtigkeit des Dampfes vermindert, und ein proportionaler Theil seiner freien Wärme zur Erzeugung dieser gröſseren Expansion verwandt [2], bis er für den gegebenen Raum und die vorhandene Wärme das Maximum der Dichtigkeit erreicht hat, welches diesemnach also bei fortgesetztem Aufsteigen nothwendig endlich überschritten werden muſs, wenn nicht stets hinzukommende trockene Luftschichten ihn aufnehmen. Nach überschrittenem Maximum der Dichtigkeit folgt dann aber nicht sogleich ein Herabfallen des wässerigen Niederschlags, sondern es entsteht Dunst [3], welcher sich in der Gestalt dichterer oder dünnerer Wolken eine geraume Zeit schwebend erhält, und die nachfolgenden Hydrometeore hauptsächlich bedingt. Schwieriger ist die Entscheidung der Frage, ob die aufsteigende und dadurch stets dünner werdende Luft

1 S. *Dampf.* Th. II. S. 403.
2 S. Ebend. S. 301.
3 S. diesen Art. Th. II. S. 644.

eben hierdurch kälter wird, als die in gleichen Höhen befindliche, oder ob sie wärmer bleibt. Es wird gewiſs mehrere Physiker geben, welche wegen der bedeutenden, durch Compression der Luft ausgeschiedenen, umgekehrt also durch ihre Expansion latent werdenden Wärme der ersteren Meinung zugethan sind, inzwischen habe ich schon im Art. *Erde* [1] aus überwiegenden Gründen dargethan, daſs die aus den niederen Regionen aufsteigende Luft durch Expansion nicht bis zu derjenigen Temperatur erkaltet, welche jener Region zugehört, wohin sie aufgestiegen ist. Wir müssen uns also denken, daſs die aus den angegebenen Gründen emporgehobenen Luftmassen sowohl oben als auch seitwärts von anderen kälteren umgeben sind, und sich in ihnen ruhend oder langsam bewegt erhalten, weil wegen Windstille keine Mengung derselben erfolgt, und sie wegen schlechter Leitung ihre Wärme an die Umgebung nicht abtreten. Diese hoch emporgehobenen Luftmassen sind dann das Materiale der Hagelwolken, ohne diese letzteren selbst zu seyn, welche allerdings weit niedriger angetroffen werden, und eben dadurch das ganze Phänomen so schwer zu erklären machen. Allmälig geben nämlich diese Luftmassen von ihrer höheren Wärme insbesondere an die sie begrenzenden höheren und sehr kalten Luftschichten ab, die feinsten Dünste werden niedergeschlagen, geben dem oberen, vorher dunkelblauen, Himmel ein trübes, milchiges Ansehen, und es erzeugen sich die in sehr groſsen Höhen befindlichen zarten und flockigen Wolken, welche zuweilen schon einige Tage vorher Vorboten der Gewitter sind. Da ferner diese Magazine für die Hagelwolken über ausgedehnten, selbst hundert und mehrere Hunderte von Quadratmeilen einnehmenden Strecken sich befinden, so muſs das Barometer örtlich allmälig sinken, weil die Luftmassen, vermöge ihrer Leichtigkeit, das Bestreben haben, in die Höhe zu steigen, ohne daſs dennoch bei ihrer Elasticität die umgebenden Luftmassen in sie eindringen, und das Entstehen der Winde veranlassen.

31. Der hier beschriebene Zustand, eigentlich ein unnatürlicher, dauert längere oder kürzere Zeit, zuweilen mehrere Tage, und es sind so viel schwerere Gewitter zu erwarten, je länger die Dauer desselben ist. Verschiedene Ursachen können

1 S. Th. III. S. 1048 ff. hauptsächlich S. 1064. N. 8.

die Aufhebung desselben herbeiführen, welche ohnehin einmal nothwendig erfolgen muſs, und je rascher und gewaltsamer diese Katastrophe herbeigeführt wird, desto verheerender müssen die Wirkungen des in Hagel verwandelten Dampfes seyn. Nachdem nämlich an der oberen Grenze der angenommenen Luftmasse schon einiger Niederschlag erfolgt ist, wie aus der Trübung der Atmosphäre in jenen bedeutenden, bis 18000 ja bis mehr als 20000 F. hinaufgehenden Höhen und den daselbst gebildeten feinen Wolken ersichtlich wird, so muſs durch die hieraus folgende Raumesverminderung ein Herabstürzen der oberen, empfindlich kalten Luftschichten herbeigeführt werden. Wie hoch die mit Wasserdampf gesättigten Luftschichten hinaufgestiegen seyn mögen, ist zwar noch in keinem bestimmten Falle durch die Erfahrung ausgemittelt, allein wir besitzen Thatsachen genug, welche mindestens genäherte Bestimmungen zulassen. Denken wir uns vorerst die ganz feinen, gleich beim Anfange des Niederschlags entstandenen Wolken in der angegebenen Höhe, so befinden sie sich in einer Temperatur von — 20° C., wenn man mit v. Humboldt unter den mittleren dem Hagel ausgesetzten, Breiten, also etwa in unsern Gegenden den Gefrierpunct in 10000 F. Höhe setzt, und dann für 100 Toisen 1° R. Wärmeverminderung annimmt[1], was gewiſs für jene Höhen eher zu wenig, als zu viel ist. Daſs sich aber in so niederer Temperatur Wasserdampf als solcher befinden, daſs er aus dem schon gebildeten Eise durch Verdampfung entstehen und an einem anderen Orte wieder in Eis verwandelt werden könne, ist durch Beobachtung gegeben. Man weiſs nämlich nicht bloſs, daſs das Eis bei jeder auch noch so geringen uns bekannten Temperatur verdunstet, sondern ich selbst sah einst den Dunst von Eis bei — 8°,75 C. sich an eine bis — 10° C. erkältete Fläche zuerst in tropfbar flüssiger Gestalt anlegen, und unmittelbar danach gefrieren[2], und auſserdem beweisen die in der grimmigen Kälte der Polargegenden gebildeten Eiskrystalle, welche bei übrigens heiterem Himmel den Staubschnee erzeugen und die Entstehung der Nebensonnen bedingen, die Möglichkeit der Schnee- und Eis-Bildung in der möglichst niedrigen

1 S. *Erde*. Th. III. S. 1019.

2 Meine Physikal. Abhandl. Gieſs. 1816. S. 112. Vergl. ebend. S. 64.

Temperatur. Aus der von mir gemachten Beobachtung geht ferner hervor, daſs der niedergeschlagene Dampf bei einer Temperatur von 0° oder unter diesen nicht bloſs keineswegs sofort in Eis verwandelt werde, sondern daſs er sich auch noch in weit gröſserer Kälte eine kurze Zeit im tropfbar flüssigen Zustande erhalten könne, was mit andern Erfahrungen genau übereinstimmt, bis das hiernach gebildete Wasser gefriert, und das somit entstandene Eis, der hierdurch entbundenen Wärme ungeachtet, namentlich durch die unausgesetzte Verdampfung, sehr bald wieder auf die Temperatur der Umgebung herabgeht. In dem Augenblicke aber, als die Niederschläge des Dampfes erfolgen und die ersten Eiskrystalle gebildet sind, werden diese, insbesondere wenn sie in einer sehr kalten Umgebung auf eine niedrige Temperatur herabgehen, die ohnehin schon tief erkalteten Wassertheilchen anziehen und hierdurch an Volumen zunehmen, wobei namentlich die ersten schon gebildeten Schneekrystalle sich zu dem Kerne der Hagelkörner zusammenballen. Je rascher von nun an, und in je gröſserer Menge der Niederschlag erfolgt, um desto mehr wird der Raum der Luft vermindert, woraus sich das dann erfolgende plötzliche Fallen des Barometers erklärt. Es ist oben Nr. 28. angegeben, daſs der Sättigungszustand der Atmosphäre von 0° C. bis 30° C. eine Anwesenheit von Wasserdampf in derselben voraussetzt, dessen Menge 0,0002856 des gesammten Luftvolumens beträgt, und welchem eine Barometerhöhe von 0,6123 Z. entspricht. Ist dieser von der Erdoberfläche bis zu 10000 F. Höhe vertheilt, und gehört der ersteren Grenze 28 Par. Z., der letzteren 18 Z. Barometerhöhe zu, so ist für genäherte Bestimmungen das arithmetische Mittel hiervon = 23, und 0,6123 : 23 oder 0,02662 ist derjenige Theil, um welchen die Luftmasse durch den Niederschlag des in Dampfgestalt vorhandenen Wassers vermindert wird, wenn wir die Masse des letzteren als unbedeutend vernachlässigen. Es läſst sich demnach so ansehen, als würde aus der 10000 F. hohen Luftmasse eine Schicht von 266 F. Höhe weggenommen, und dadurch ein Sinken des Barometers um 0,6123 Par. Z. herbeigeführt. Weil aber ein Niederschlag des gesammten Wasserdampfes der Natur der Sache nach nicht erfolgen kann, das Barometer aber, wenn es auch vorher schon nach obiger Angabe um 0,6123 Z. gesunken war, bei der Hagelbildung dennoch zuweilen um eben so viel oder noch mehr sinkt,

so folgt hieraus, daſs die Menge des Wasserdampfes in der Atmosphäre die angenommene noch übersteigt, und er daher noch zu bedeutenderen Höhen, als die festgesetzte, aufgehoben seyn muſste. Es genügt indeſs, bei diesen hypothetischen Gröſsen einstweilen stehen zu bleiben.

32. Die angegebene Raumes-Verminderung afficirt aber sowohl die oberen als auch die unteren Luftmassen, und beide werden dadurch zur Bewegung sollicitirt werden, die ersteren herabzusinken, die letzteren aufzusteigen; beide aber werden durch ihre Trägheit diesem Antriebe widerstehen. Berücksichtigen wir diesen Effect in Beziehung auf die unteren Luftschichten allein, so hat dieses ein Sinken des Barometers zur Folge, nebst einem wirklichen Aufsteigen der unteren Luftschichten, wonach die Hagelkörner gleich nach ihrer Bildung nebst der Luft in die Höhe gehoben werden, und diesemnach länger in der kalten Umgebung verweilen, als auſserdem der Fall seyn würde, wenn sie sogleich beim Entstehen herabfielen. Eben dieses hat dann zur Folge, daſs in den unteren Schichten Luft von Auſsen herbeiströmt, um die aufsteigenden Massen zu ersetzen, eine Wirkung, welche sich durch die nach allen Seiten hin wehenden Winde vor dem eigentlichen Ausbruche des Hagelwetters ankündigt. Das Gewicht der unter den angezeigten Bedingungen stets wachsenden Hagelkörner nimmt zu, ihre Wolken, die sich nach der Richtung der in den unteren Regionen erzeugten Luftbewegungen bald hierhin, bald dorthin bewegen können, stets unter den verschiedenen Strömungen der stärkeren folgend, ohne daſs ihr Zug derjenige ist, welchen sie später nehmen, sinken zuletzt herab, ziehen diesem gemäſs die oberen Luftschichten nach sich, welche an sich kalter und schwerer dann wieder ein Steigen des Barometers veranlassen können und auch wirklich so oft veranlassen, daſs Einige dieses als eine beständige Erscheinung starker herannahender Gewitter betrachten. Die sehr kalten und trockenen oberen Luftschichten stürzen sich in die unteren, der Wind nimmt die Richtung von jenen an und wird aus begreiflichen Gründen zum Orkane [1], die Hagelkörner wachsen durch dieses Herabsinken der kalten Luft und die durch sie herbeigeführte Verdunstung, sie erreichen die Gröſse, die wir an ihnen bewundern, und gelangen auf den

1 Vergl. Art. *Wind*.

Erdboden, wenn gleich die ersten herabfallenden durch die bis zu einer mäſsigen Höhe über der Erdoberfläche noch dauernde Wärme ganz, die späteren bloſs an ihrer Oberfläche etwas schmelzen. Der Anfang dieses Herabfallens, oder des wirklich ausbrechenden Hagelwetters geschieht da, wo die vorbereitenden Ursachen den stärksten Effect erzeugt hatten, also die meisten und schwersten Hagelkörner gebildet waren, weswegen auch die zuerst getroffenen Gegenden die gröſste Beschädigung erleiden, die umgebenden Grenzen aber nur durch wenigen und kleinen Hagel heimgesucht werden, welcher auf weitere Entfernungen ganz verschwindet. Endlich bedarf es kaum einer Erklärung, warum die Hagelschauer allezeit so vorzugsweise nach der Länge ausgedehnt sind, indem dieses aus der Heftigkeit des entstehenden Sturmwindes und dem Zusammenflieſsen der umgebenden Luftschichten in denjenigen Raum, wo der Hagel zuerst herabzusinken anfängt, von selbst folgt.

33. Die auf anerkannte Thatsachen gestützte, hier mitgetheilte Erklärung eines so vielfach besprochenen Naturphänomens scheint mir völlig genügend, und ich wüſste nicht, welche Einwendungen dagegen vorzubringen seyn möchten. Daſs man diese ältere Ansicht aufgegeben und wieder zur Elektricität seine Zuflucht genommen hat, wie noch ganz neuerdings geschehen ist[1], geschah hauptsächlich aus zwei Gründen, nämlich zuerst, weil de Lüc und Andere die Hagelwolken in nicht so bedeutenden Höhen beobachteten und es allgemein bekannt ist, daſs sie nicht über hohe Berge wegzuziehen pflegen, und zweitens, weil nach einigen Beobachtungen die Luft in höheren Regionen sehr trocken gefunden ist. Rücksichtlich dieses letzteren Argumentes zeigen die den Gewittern vorausgehenden feinen Wolken in unglaublich groſsen Höhen gegen jede Einrede evident einen dort herrschenden, den Sättigungspunct mit Wasserdampf übersteigenden Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre, daſs aber die höheren und umgebenden Luftmassen sehr trocken sind, dieses ist eben der Hagelbildung vorzüglich günstig und wird in der aufgestellten Hypothese als nothwendige Bedingung der Verdampfung und dadurch erzeugten Kälte angenommen[2].

---

1 Bibl. univ. XXXIII. 51 ff.

2 Vergl. *Atmosphäre*. Th. I. S. 468.

Das erste Argument fällt aber von selbst weg, da wirklich gebildeter Hagel nie in groſsen Höhen angenommen wird, sondern nur die Elemente desselben, nämlich tief unter dem Gefrierpunct erkalteter Wasserdunst, welcher herabsinkt, die sehr kalten Luftmassen der höheren Regionen nach sich zieht, und daher erst in der Tiefe sich zu den groſsen Eismassen vereinigt. Diejenigen, welche annehmen, der Hagel entstehe in den niedern Wolken aus den Bestandtheilen derselben, dürften in groſser Verlegenheit seyn, diese Hypothese auf das groſse, über sieben geographische Meilen sich erstreckende Hagelwetter in Hannover, oder gar auf dasjenige Hagelwetter anzuwenden, welches 1788 in zwei parallelen Streifen sich über mehr als hundert Lieues ausdehnte. Es ist ganz unmöglich, daſs alles hierzu erforderliche Wasser in einer solchen ruhigen Luftmasse enthalten seyn sollte, und obendrein hätte der allezeit bei groſsen Hagelwettern stattfindende Sturm gar keinen Grund, noch unmöglicher aber ist es anzunehmen, daſs eine einzige Wolke, durch den Wind bis auf 100 Lieues Entfernung fortgetrieben, alle jene Eismassen ausschütten sollte. Erklärlich werden diese Phänomene nur dadurch, daſs wir annehmen, die mit Wasserdampf übersättigten Luftschichten steigen in groſser Ausdehnung auf, werden durch schwache Luftströmungen, mitunter nur in den höheren Regionen, umgebogen, über weite Strecken fortgeführt, und erst dann, wenn ein Niederschlag in ihnen erfolgt, wodurch beträchtliche Raumverminderung herbeigeführt wird und die umgebenden Luftmassen eindringen, sinken sie herab und die Hagelbildung nimmt auf die angegebene Weise ihren Anfang. Bei weitem der schwierigste Theil derselben, nämlich die Erzeugung einer zur Bildung der groſsen Eismassen erforlichen Kälte, folgt aus den angegebenen Bedingungen von selbst. Bei dem Hagelwetter in Hannover sank das Thermometer, die höchste Temperatur des Tages und die geringste nach dem Fallen des Hagels gerechnet, von 25° R. bis 5° R. herab, und wenn man also annimmt, daſs diese letztere nach dem Phänomene der unteren Luftschicht zugehörte, dann aber für jede 100 Toisen Erhebung 1° R. Wärmeverminderung rechnet, so kommen auf 10000 F. Höhe, als wohin man die ersten Elemente der Hagelbildung zu setzen keinen Anstand nehmen wird 16°,7 R. Temperaturverminderung, wonach in jener Höhe die Wärme — 11°,7 R. betragen muſste. Man wird hiergegen nicht

einwenden, daſs diese Temperatur erst nach der Hagelbildung stattfinde, welche vielmehr derselben habe vorausgehen müssen; denn wenn der Hagel herabgefallen ist, und die kälteren Luftmassen, in denen er gebildet wurde, mit ihm herabgesunken sind, dann erst lernen wir die Temperatur kennen, in welcher seine Elemente so sehr abgekühlt wurden, daſs sie sich zu solchen Eismassen vereinigen konnten, und hierzu scheint mir die angenommene Kälte allerdings hinreichend, obgleich aus der gegebenen Darstellung folgt, daſs die ersten Keime in noch kälterer Luft gebildet und dadurch fähig werden können, von den ohnehin schon sehr kalten Wasserpartikeln eine groſse Masse durch Gefrieren um sich zu vereinigen. In diesen Bedingungen liegen dann ferner die Gründe, warum es unter dem Aequator in einer Höhe von 1800 F. über der Oberfläche des Meeres nicht hageln kann. Dort herrscht nämlich zuerst der beständige Ostwind, welcher nebst der stärkeren Abkühlung durch die längeren Nächte und dem steten regelmäſsigen Aufsteigen der erwärmten Luftschichten eine zur Hagelbildung erforderliche Stagnation der Luftschicht gestattet. Sollte aber durch hohes Aufsteigen der mit Dampf gesättigten Luftmassen die Hagelbildung wirklich eingeleitet und in hohen Regionen Hagel schon gebildet seyn, so sind die begrenzenden Luftschichten viel zu warm und die zwischen den in der Höhe erkalteten Luftschichten und der Erde liegenden Luftmassen viel zu groſs und zu sehr mit Wasserdampf erfüllt, als daſs sie durch die herabsinkenden so weit abgekühlt werden könnten, um bei ihrem hygrometrischen Zustande und der dadurch unmöglichen starken Verdampfung den entstandenen Hagel nicht zu schmelzen. In höheren Breiten dagegen kann durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen die mittlere Temperatur allerdings derjenigen unter der Linie gleich kommen, ohne daſs die Wärme der Luftschichten bis zu einer so bedeutenden Höhe reicht, auch sind die angrenzenden Luftmassen kälter und erniedrigen durch ihr Zuströmen die Temperatur mehr, als dieses unter der Linie möglich ist. Endlich bleibt unter höheren Breiten der Erdboden, namentlich in bergigen und Wald-Gegenden, schon durch das aufgenommene Schneewasser selbst im höchsten Sommer bedeutend kälter, und wenn daher gleich die Erdoberfläche und die sie berührenden Luftschichten sehr heiſs werden, so kann doch ungleich leichter eine Abkühlung dadurch erfolgen,

daſs der kältere Erdboden die Wärme sehr schnell wieder anzieht[1].

Manche Nebenbedingungen und zufällig begleitende Umstände der Hagelbildung glaube ich nicht besonders in die ohnehin ausführliche Erklärung des Phänomens ziehen zu müssen. Dahin gehört, daſs die gröſseren Hagelkörner nach der angenommenen Theorie aus mehreren kleineren bestehen, deren Zusammensinterung von selbst erklärlich ist, ferner daſs statt runder Hagelkörner mit einem Kerne füglich auch bloſse Eisstücke entstehen können. Ueberhaupt kann der ganze Proceſs in längerer, füglich aber auch in sehr kurzer Zeit geschehen, und endlich ist es gewiſs oft der Fall, daſs sich unter der Luftschicht, worin die Hagelbildung vor sich geht, noch eine andere befindet, welche daran keinen Antheil nimmt, wie denn endlich auch die ersteren aus ziemlich groſser Entfernung mit langsamerer oder schnellerer Luftbewegung an denjenigen Ort gelangen können, wo das Hagelwetter zum Ausbruche kommt. Alles dieses und mehreres andere versteht sich ohne weitere Erläuterung so ziemlich von selbst, auch bemerke ich bloſs im Allgemeinen, daſs die Elektricität Wirkung und nicht Ursache der Hagelbildung ist[2]. *M.*

Hagelableiter.

Paragrêle; *Paragrele*, *Protector from Hail.*

Welchen unermeſslichen Schaden groſse Hagelwetter anrichten, dieses ist so ziemlich einem jeden aus eigener Erfahrung mehr oder minder genau bekannt, und kann auſserdem aus den im vorausgehenden Artikel mitgetheilten Beschreibungen solcher Naturphänomene leicht geschlossen werden. Um statt vieler Beispiele nur eins zu wählen, will ich gröſserer Bestimmtheit wegen anführen, daſs nach amtlicher Schätzung bei dem einen groſsen Hagelwetter in Frankreich im Jahre 1788 der Schaden fast 25 Mill., bei den übrigen gleichfalls in Frankreich in demselben Jahre des Steuer-Erlasses wegen amtlich taxirten Ver-

---

1 Sollte einiges in dieser Theorie noch mangelhaft erscheinen, so wird dieses in den Artikeln *Regen*, *Wind* ergänzt werden.

2 Vergl. Art. *Gewitter*. Desgl. Brandes Beiträge zur Witterungskunde. Leipz. 1820. 8. S. 285 ff.

wüstungen durch Hagel aber noch über 8 Mill., also im Ganzen 23124486 Liv. betrug, wobei noch bemerkt wird, daſs diese Bestimmung weit unter dem wirklichen Betrage sey, weil die Landleute nicht geneigt seyn konnten, den Ertrag ihrer Felder nach seiner ganzen Gröſse auzugeben. Nichts ist daher natürlicher, als daſs man auf Mittel dachte, solchen Unglücksfällen vorzubeugen, und dieses um so mehr, je näher die Hagelwetter mit den Gewittern zusammenhängen, deren verderblichen Wirkungen auf Gebäude FRANKLIN so sinnreich zu begegnen wuſste. In sofern es sich aber bei jedem Vorschlage zu Hagelableitern von einem Phänomene handelt, welches auf unwandelbaren Naturgesetzen beruhet, so kann vernünftiger Weise kein solcher bloſs nach eigenthümlichen Meinungen oder nach Gutdünken gemacht werden, mit der Forderung, daſs die Erfahrung erst entscheiden müsse, ob derselbe zweckmäſsig sey, oder nicht. Die bloſse Erfahrung ist ohnehin bei solchen zusammengesetzten und nach keiner bestimmten Regel in festgesetzten Terminen erfolgenden Naturerscheinungen ein höchst unsicheres Prüfungsmittel, insofern wir Fälle in Menge haben, daſs manche Gegenden oft in nahen Perioden wiederholt durch Hagel heimgesucht wurden, und später ohne irgend einen aufweisbaren Grund viele Jahre verschont blieben. Wollte man also schlieſsen, dieses sey der Erfolg irgend eines des bloſsen Versuchs wegen angewandten Mittels, so wäre dieser Schluſs höchst fehlerhaft, und man müſste namentlich in dem oben Art. *Hagel* Nr. 12 angeführten Falle annehmen, die Hagelwetter seyen durch Bannung von jenen Gegenden entfernt worden, was doch bloſs zum Scherze der leichtgläubigen Menge aufgebürdet war. Es läſst sich aber namentlich bei den Blitzableitern bis zur Evidenz darthun, daſs sie die beabsichtigte Wirkung, nämlich momentanen Schutz gegen einen Blitzschlag, hervorzubringen durchaus im Stande sind, und mit eben dieser Gewiſsheit kann gesagt werden, daſs keiner der vielen Vorschläge zur Abwendung des Hagels irgend einen Erfolg hervorzubringen vermag. Die natürlich wirkenden Schutzmittel, also mit Ausschluſs der hierher nicht gehörigen geweiheten Kräuter, Glokken, der geheiligten und Zauberformeln u. s. w. sollen auf eine dreifache Weise ihre Kraft äuſsern, entweder durch Entziehung der Elektricität, oder durch mechanische Erschütterung der Luftschichten, oder endlich durch einen chemisch zersetzenden Ein-

ſluſs auf das Miſchungsverhältniſs der atmoſphäriſchen Luft. Bei den erſten wird vorausgeſetzt, daſs die Elektricität eine Urſache der Hagelbildung ſey. Aus den im Art. *Hagel* mitgetheilten Unterſuchungen folgt aber, daſs ſie vielmehr als eine Folge davon betrachtet werden müſſe, wie denn auch manche Gewitter eine unglaubliche Menge Elektricität entbinden, ohne Hagelbildung zu zeigen. Geſetzt aber auch die Elektricität wäre zur Entſtehung des Hagels unumgänglich nothwendig, ſo iſt bekannt, daſs die Blitzableiter, wie viele deren auch in einer Stadt beiſammen ſind, ebenſo wenig als die Baumſpitzen der gröſsten Wälder, den Gewittern die Elektricität entziehen, ſondern bloſs ihre Exploſionen für den individuellen geſchützten Ort durch Ableitung unſchädlich machen. Endlich aber iſt nach vielfachen Erfahrungen der Hagel oft ganz entſchieden ſchon gebildet in der Wolke enthalten, und wird durch heftigen Sturmwind auf entfernte Strecken, ſelbſt Stunden- und Meilenweit fortgeführt, kann daher unmöglich an denjenigen Orten durch Entziehung der El. wieder vernichtet werden, wo er ſeine Verheerungen anrichtet, und dieſes Schutzmittel müſste daher eine Ausbreitung über ganze Continente und Inſeln erhalten, ja ſogar ſich weit in das Meer hinein erſtrecken, wenn die Wirkung deſſelben ſicher ſeyn ſollte, wonach aber jeder Vorſchlag an der Unmöglichkeit der Ausführung ſcheitert. Die Schutzmittel der zweiten Claſſe, nämlich diejenigen, welche eine Erſchütterung der Luft und eine Mengung der verſchiedenen Schichten erzeugen ſollen, als heftige Exploſionen, ferner groſse Feuer auf Bergen, welche durch die Erhitzung der Luft aufwärts ſteigende Luftſtrömungen hervorbringen ſollen u. dgl. verſprechen ungleich ſicherere Effecte. Es iſt nämlich die Hagelbildung nach der aufgeſtellten wahrſcheinlichſten Hypotheſe als eine Folge der ruhig aufſteigenden und zu ſehr groſsen Höhen ſich erhebenden, mit Waſſerdampf geſättigten Luftſchichten dargeſtellt, und ſomit iſt es allerdings denkbar, daſs eine frühzeitig genug eingeleitete Miſchung der ungleich erwärmten Luftſchichten einen Stillſtand der zur Hagelbildung erforderlichen Bedingungen eben ſo gut herbeizuführen vermögend ſeyn könnte, als dieſes ohne Zweifel in vielen Fällen durch einen friſchen Wind zu geſchehen pflegt, ſo daſs alſo die Beiſpiele von Gewittern, welche auf dieſe Weiſe zerſtört ſeyn ſoll, nicht ganz falſch ſeyn mögen. Da man aber von einer bevorſtehen-

den Gewitterbildung nur sehr unsichere Vorzeichen hat, dabei aber nie mit Sicherheit voraus bestimmen kann, ob es zugleich ein Hagelwetter seyn werde, endlich aber durchaus den Ort, wo dasselbe gebildet wird, nicht voraus zu wissen vermag, bei der wirklichen Annäherung des Gewitters aber die Luftschichten ohnehin mehr erschüttert und in gröſsere Bewegung gesetzt sind, als menschliche Mittel dieses zu erreichen vermögen, so folgt hieraus nothwendig, daſs auch auf diese Weise keine Sicherung zu erlangen ist. Zur Erhaltung derselben würde erforderlich seyn, daſs man an allen schwülen Tagen über weiten Länderstrecken solche Explosionen oder groſse Feuer anwendete, welches einen gröſseren Aufwand erforderte, als der dadurch erreichbare Nutzen beträgt, und wobei es dennoch allezeit fraglich bleibt, ob die verhältniſsmäſsig immer noch kleinlichen Mittel gegen einen so ungeheueren Naturproceſs nicht zu schwach seyn würden. An eine chemische Einwirkung auf den Luftkreis in denjenigen Gegenden, wo die Hagelbildung vorgeht, wodurch der vorhandene Wasserdampf weggenommen, oder seine Verwandlung in Eis gehindert würde, ist gar nicht zu denken, und es ist daher überflüssig, hierfür weitere Gründe beizubringen. Insofern daher der Hagel sich erst dann zeigt, wenn er schon wirklich gebildet ist, dann aber kein Mittel gegen sein Herabfallen möglich ist, so fallen alle Vorschläge der Hagelableitung von selbst weg.

Nach diesen so völlig klaren und vollständig beweisenden theoretischen Argumenten ist eine nähere Prüfung der verschiedenen einzelnen Vorschläge für Hagelableiter überflüssig, und wenn ich dieselben dennoch hier kurz erwähne, so geschieht dieses theils des geschichtlichen Interesses wegen, theils um nachzuweisen, daſs mir die zahlreichen Scheingründe, welche man vielseitig für die einen und die andern aufgestellt hat, bei der Fällung jenes Urtheils keineswegs fremd waren. Es scheint mir dieses aber gegenwärtig um so nöthiger, da sich ganz kürzlich gegen alles Erwarten ein so lebhafter Streit über eine längst entschiedene Sache erhoben hat.

So viel mir bekannt ist, war Guenaut de Montbeillard[1] der erste, welcher 1776 in einer ausführlichen Abhandlung den

1 Journ. de Phys. XXI. p. 146. Mém. de l'Acad. de Dijon T. VIII.

Vorschlag that, den Wolken durch eine ganze Menge von Blitzableitern alle Elektricität zu entziehen und dadurch die Hagelbildung unmöglich zu machen. Eben dieses äuſserte auch Buissart aus Arras[1], und Guyton de Morveau hatte es unlängst als eine Folgerung aus seiner Theorie des Hagels aufgestellt[2], welcher nach ihm, übereinstimmend mit Mongez, durch die bloſse Wirkung der Elektricität gebildet werden sollte. Insbesondere aber theilt Bertholon[3] eine genaue Beschreibung der Construction solcher Hagelableiter mit. Um nicht bloſs dieses Mittel, sondern auch das in einigen Gegenden Süddeutschlands damals übliche Anzünden von Feuern auf hohen Bergen, das Abfeuern von Pöllern u. s. w. zu prüfen, gab die Baierische Akademie der Wiss. für das Jahr 1785 die Preisfrage über die zweckmäſsigen Mittel zur Abhaltung des Hagels auf, und krönte eine gelehrte, nachher wenig beachtete Preisschrift von P. Heinrich, worin alle diese Mittel als keineswegs völlig sichernd angegeben wurden[4]. Uebergehe ich die vielen einzelnen Aeuſserungen über die Zerstörung der Hagelwolken durch Vervielfachung der Blitzableiter, so verdient noch Seiferheld's Schrift[5] eine kurze Erwähnung. Dieser brachte bei einer Temperatur von — 13° R. Wassertropfen auf einen ersten Leiter und fand, daſs sie augenblicklich zu milchigem Eise gefroren, wenn ein el. Funke hindurchging. Man wird sich jetzt wundern, daſs man auf diesen Versuch den Schluſs bauen konnte, die Elektricität bilde den Hagel, da man doch bei einer Temperatur von — 13° R. nicht in Verlegenheit ist zu bestimmen, woher die Verwandlung des Wassers in Eis rühre. Inzwischen wurde hierauf der Vorschlag gegründet, an jedem Ende eines Ackers zwei eiserne Stangen an Pfählen mit Pech überzogen aufzurichten, die eine 3 die andere 20 F. hoch, damit jene den von der Erde aufsteigenden Dünsten, diese den Wolken die

---

1 Journ. de Phys. XXI. p. 140.

2 Journ. de Phys. IX. 60.

3 Electricité des Météores. Lyon 1787. T. II. p. 205.

4 Neue Abh. der Baiers. Akademie Bd. V.

5 Elektr. Versuch, wodurch Wassertropfen in Hagelkörner verändert worden, samt d. Frage an die Naturforscher: ist eine Hagelableitung ausführbar? Nürnb. 1790. 8. Vergl. Lichtenb. Mag. IV. 2. S. 189.

Elektricität entziehen möge. Daſs dieser Vorschlag nie in Anwendung gekommen sey, begreift sich leicht.

Weil die Hypothese, Hagelwetter könnten durch häufige Blitzableiter zerstört werden, immer noch viele Anhänger fand, so gab die Gesellschaft naturforschender Freunde in Berlin im Jahre 1800 die Preisfrage über den Nutzen dieses Schutzmittels auf. Die Verfasser beider Preisschriften, E. F. Wrede und C. S. Weiss, wovon der letztere den Gegenstand am umfangendsten und gründlichsten behandelt hat, stimmen darin zusammen, daſs auf keine Weise die Elektricität als Ursache der Hagelbildung anzusehen sey, und wenn sie dieses auch wäre, so sey es aus den oben von mir bereits angegebenen Gründen weder möglich noch dem beabsichtigten Zwecke entsprechend, wenn man den Hagelwolken dieselbe durch vervielfachte Blitzableiter entziehen wollte. Mit diesem wohlbegründeten Urtheile begnügte man sich seitdem, und fand es der Sache stets um so angemessener, je mehr die Begriffe über die Wirksamkeit der Elektricität erweitert und berichtigt wurden, allein es ergab sich in den neuesten Zeiten, daſs die Entscheidung der erfahrensten und berühmtesten Physiker noch immer das Urtheil der Menge nicht zu bestimmen vermag. Im Jahre 1820 nämlich trat La Postolle[1] mit seiner Empfehlung von Blitzableitern aus Strohseilen keck vor das Publicum, hoffte die Sachverständigen durch seine Dreistigkeit bei völliger Grundlosigkeit aller seiner Behauptungen verstummen zu machen, und pries die neue Erfindung zugleich als ein Schutzmittel gegen die Hagelschäden an. Wie indeſs der Vorschlag von den Physikern allgemein verworfen wurde, ist bereits im Art. *Blitzableiter*[2] erzählt, und hier kann daher nur noch des geschichtlichen Interesses wegen der Streit erwähnt werden, welcher sich seitdem zwischen denen erhoben hat, welche die Sache, wie billig, verwarfen, und denen, welche sie wider alles Erwarten in Schutz nahmen, indem sie von dem falschen Grundsatze ausgingen, der Vorschlag könne nur durch die Erfahrung geprüft werden. Obgleich aber diese in so weit sattsam darüber entschieden hat, als dieses der Natur der Sache nach möglich ist, und

---

1 Traité des parafoudres et des paragrêles en cordes de paille, etc. Amiens 1820. 8.

2 S. Th. I. S. 1086.

diesemnach die Stimme der Vertheidiger allmälig verstummt so läſst sich doch bei der Lebhaftigkeit des darüber geführten S tes keineswegs mit Gewiſsheit behaupten, ob nicht noch ma im Vorurtheil befangene auch gegenwärtig beobachten, wa finden zu müssen im Voraus die feste Ueberzeugung haben.

Die Commissarien des französischen Institutes, Cha und Gay-Lüssac verwarfen gleich anfangs die von La stolle vorgeschlagene und somit auch die späterhin ihnen Thollard[1] nachgebildeten Hagelableiter aus Strohseile Stangen mit hölzerner Spitze und aus Strohseilen mit eingefl tener leinener Schnur mit messingener Spitze gänzlich, eben so Biot in seiner Beurtheilung derselben[2]. Dagegen nahm sich hauptsächlich die *Société Linnéenne* in Paris, Societät der Agricultur von Bologna, die Gesellschaft für turwissenschaften im Canton de Vaud, die Weinbau-Gesells in Lausanne, die königl. Agricultur-Gesellschaft in Lyon, Agricultur-Gesellschaft in Genf, die akademische Gesells in Savoyen und verschiedene andere der Sache an[3]. Einige diesen setzten seit 1824 Preise aus, um Erfahrungen dar zu sammeln, und wollen diese auch wirklich in Menge n bloſs aus Frankreich, sondern hauptsächlich auch aus Italien, Schweiz und aus vielen Orten des südlichen Deutschlands halten haben, indem ihnen vorzüglich Thollard, Chavan Beltrami, Astolfi, Orioli, der Baron Crud, Saint-M tin, Lacoste und viele andere die günstigsten Erfolge i angestellten Versuche meldeten[4]. Hauptsächlich gehört Or

1 Annales de l'Indust. nat. et étrang. 1823. Janv. p. 72.

2 Journ. des Savans. 1821. Mai. p. 287. Jene Commissa sagten: Nous estimons, que cet objêt n'est point digne de l'atten de l'Academie.

3 Bibl. univ. XXXIII. 45.

4 Weitläuftiger Bericht hierüber in Annales de la Soc. Lin Paris. V. 171. wo sich zugleich eine Menge literärische Nachwei gen über hierher gehörige Erfahrungen finden. Frühere Abhand gen sind mitgetheilt: Von Orioli in Feuille du Canton de Vaud XII. von Chavannes in Bibl. univ. XXVIII. 34. von Saint-Marti Lacoste Rapport à Mr. le Chev. de Pullini de St. Antonin cet. l'essai de paragrêlage cet. Chambéry. 1825. Thollard in Bibl. Ph co-écon. 1823. Mars p. 164. Vergl. Edinb. Phil. Journ. N. S. N. p. 103.

unter die Vertheidiger des Vorschlags, giebt ſich viele Mühe, das Urtheil der Pariser Akademie zu widerlegen, und meint, die Sache könne nur durch wiederholte Versuche entschieden werden[1]. Inzwischen getrauet er sich dennoch nicht, die Ableiter aus Strohseilen ernstlich in Schutz zu nehmen, meint aber die metallenen könnten zuweilen allerdings nützen[2], wodurch indeſs die ganze Sache wieder auf einen unlängst verworfenen Vorschlag zurückkommt.

Ungleich gröſser aber, als die Zahl der so wenig zuverläſsigen Erfahrungen für die Wirksamkeit der Hagelableiter ist die überwiegende Menge derjenigen, welche ganz bestimmt dagegen entscheiden. Unter andern versichert Riecke[3] nach einer Menge von Beobachtungen, daſs die Felder durch sie keinesweges geschützt wurden; nach v. Jacquin[4] haben sie ihre Kraft in Ungarn und Illyrien durchaus nicht bewährt; am meisten Aufsehen machte es aber, als die mit Hagelableitern auf das vollkommenste geschützten Weinberge des Canton de Vaud in der Nacht vom 22. auf den 23. Juli 1826 gänzlich verhagelten, während einige nicht damit versehene in der Umgegend verschont wurden[5]. Nicht ohne Grund findet es Arago[6] sehr auffallend, daſs die Vertheidiger dieser Hagelableiter sich dabei meistens auf Volta's Theorie der Hagelbildung berufen, da doch dieser berühmte Physiker ausdrücklich erklärte, die Gewitterwolken könnten auf keine Weise durch vermehrte Blitzableiter zerstört werden. Fresnel[7] verwirft sie gleichfalls aus theoretischen Gründen, und setzt sehr richtig hinzu, die Versuche zur Prüfung des Vorschlages seyen viel zu kostspielig, als daſs man sie bei der groſsen Unwahrscheinlichkeit irgend eines Erfolges an-

1 Brevi Considerazioni pella Risposta della celebre Accademia reale delle Scienze di Parigi. cet. Bologna 1826. 8.

2 Dei paragrandini metallici. Discorsi IV. di Fr. Orioli. Bologna 1826. 8. Auch Thollard meint gegen das Urtheil der Akademie, es könne bloſs das Experiment entscheiden; allein es wäre schlimm, wenn der Einfall jedes Thoren auf Staatskosten durch Versuche geprüft werden sollte.

3 Correspondenzblatt des Würtemb. Landwirths. Vereins. VII, 225.

4 Oestr. Beob. 1825. Nr. 265.

5 Bibl. univ. XXXIII. 50.

6 Annuaire présenté au Roi. Pour l'an 1829.

7 Ann. Chim. Phys. XXII. 303.

stellen könne, was mit Arago's Ansicht übereinstimmt, wenn er sagt[1], daſs die Versuche mindestens eine ganze Reihe von Jahren hindurch fortgesetzt werden müſsten, wenn man ein entscheidendes Resultat erhalten wolle[2]. Dieses ist nicht bloſs an sich zu berücksichtigen, sondern insbesondere auch aus dem Grunde, weil gewisse Gegenden nicht selten mehrere Jahre von Hagelwettern heimgesucht und nachher lange Zeit damit verschont werden. Selbst das sehr einleuchtende Argument, daſs es in Wäldern und Städten so oft hagele, obgleich in letzteren den Wolken ihre Elektricität durch die groſse Menge von Blitzableitern, Thurmspitzen u. s. w. ungleich besser entzogen werden müſste, als dieses durch die gröſste Zahl der Hagelableiter möglich seyn kann, da die letzteren sich der Stürme wegen nicht bedeutend hoch machen lassen, wollten die Landwirthe nicht gelten lassen, sondern verlangten Proben zu machen. Die Societät der Agricultur in Paris wandte sich daher an das Ministerium und wünschte Versuche im Groſsen angestellt zu haben, letzteres verlangte ein Gutachten der Akademie, und diese erklärte den Erfolg für die Gröſse des erforderlichen Aufwandes für viel zu ungewiſs. Inzwischen wurden von Privaten und in Italien auch von den Regierungen eine nicht geringe Menge von Versuchen angestellt, und wenn der Erfolg nur in einiger Hinsicht die gehegten Erwartungen zu bestätigen schien, so wurde dieses bekannt gemacht, wogegen man aus begreiflichen Gründen das Miſslingen sorgfältig verschwieg. Dennoch aber wurde es bekannt, daſs im Jahre 1826 die geschützten Felder eben so gut als die nicht geschützten verhagelten[3]. Während dem aber im südlichen Frankreich, in der Schweiz und Süddeutschland, im Waadtlande und hauptsächlich in Italien der Streit mit groſser Heftigkeit geführt wurde und viele vergebliche Proben nicht unbedeutende Kosten verursachten, folgte man im nördlichen Deutschlande, in England u. s. w. dem wohlgegründeten Urtheile der sachverständigen Physiker.

Indeſs lernte J. Murray[4] auf seinen Reisen viele von den-

1 Annuaire présenté au Roi. Pour l'an 1829.

2 Vergl. die ausführlichen Discussionen hierüber im Globe. 1826. 16. Mars; 11. Mai; 22. Juin.

3 Arago in Ann. Ch. Ph. XXXIII. 420. Vergl. Ann. de la Soc. Linnéenne. 1827. Jan. p. 580.

4 Edinb. Phil. Journ. N. S. Nr. V. 103.

jenigen Männern kennen, welche die Thollard'schen Hagelableiter vorzugsweise in Schutz nahmen, und wurde daher, so viel mir bekannt, der einzige, welcher dieses Hülfsmittel als unzweifelhaft sicher auch ſeinen Landsleuten empfohlen hat. Dabei beruft er sich auf den schon 1788 von Pinazzi in Mantua gemachten Vorschlag, die Hagelwetter durch vervielfachte Blitzableiter zu zerstören, dann auf die zahlreichen Erfahrungen, welche die oben genannten Männer in der neuesten Zeit hierüber gemacht haben wollen. Sie erstrecken sich aber nicht weiter als bis zum Jahre 1825, und gerade im folgenden entschieden so manche Verheerungen der geschützten Felder so sehr gegen die Zweckmäſsigkeit des Vorschlags, daſs die Hagelableiter von Stroh eben so wenig als die früher vorgeschlagenen von Metall jetzt noch in England Eingang finden werden; indeſs ist zu wünschen, daſs eine zu wiederholten Malen unlängst abgethane Sache künftig nicht abermals unnütze Discussionen und vergebliche Kosten veranlassen möge.

Zu einer mechanischen Zertheilung der Hagelwolken nahm man schon sehr früh seine Zuflucht. So berichtet Parent[1], daſs die Einwohner von Iliers bei dem groſsen Hagelwetter am 15. Mai ihre Glocken mit auſserordentlicher Gewalt läuteten, wodurch die Wolke dann zertheilt, und ihre Feldmark verschont seyn soll. Man ist jetzt allgemein der Meinung, daſs dieses Mittel zur Erreichung des beabsichtigten Zwecks viel zu schwach sey, auch ergiebt sich das Ungenügende desselben schon daraus, daſs die meisten nur geweihete Glocken hierzu für brauchbar hielten[2]. Daſs man früher und vielleicht an einigen Orten bis auf die jetzigen Zeiten herab glaubte, es sey gegen die Hagelwetter und die Gewitter überhaupt ein Hülfsmittel, Feuer auf den Herden anzuzünden, gehört gleichfalls in das Gebiet des Aberglaubens, denn dieses Vorurtheil ist wohl ohne Zweifel aus dem Wahne entstanden, daſs die verbrannten geweiheten Kräuter dem Hause einen Schutz gewähren könnten, und als dieser Aberglaube verschwand, hielt man das Anzünden des Feuers selbst für das wirksame Hülfsmittel, da vielmehr der Rauch den Blitzstrahl anzieht, auf das Gewitter im Ganzen

1 Mém. de l'Acad. 1703. p. 19.

2 Vergl. v. Zenger über das Läuten bei Gewittern. Gieſsen 1791. 8.

und insbesondere auf die Hagelwetter aber nicht den mindesten Einfluſs hat. Placidus Heinrich in seiner oben erwähnten Preisschrift läſst es unentschieden, ob die heftigen Erschütterungen der Luft durch das Abfeuern von Pöllern, Kanonen u. s. w. auf die Zerstreuung der Gewitter, und sonach auf die Abhaltung des Hagels einen Einfluſs haben können, ist indeſs mehr geneigt die Sache zu bezweifeln, als für gegründet zu halten. Denize aus Macon dagegen glaubte mit Gewiſsheit annehmen zu dürfen, daſs die Hagelwetter durch eine groſse Zahl Blitzableiter und durch starke Explosionen, als das Abfeuern von Kanonen und Pöllern, durch das Platzen des Knallpulvers, durch aufsteigende Racketen, durch dss Getöse der Glocken und Trommeln zerstreuet werden könnten, allein seine Gründe waren so wenig triftig, daſs die Akademie zu Dijon, welcher er seine Schrift überreichte, gar keine Rücksicht darauf nahm [1]. Späterhin kam die Sache nochmals zur Sprache, als Leschevin und der Marquis de Chevriers das Mittel des Abfeuerns von Kanonen wieder mit günstigem Erfolge in Anwendung gebracht haben wollten [2], allein wie unzulässig ihr Schluſs sey, daſs hierdurch die Hagelschäden abgehalten wären, weil sie bei der Anwendung desselben in oft verwüsteten Gegenden seltener wurden, da doch letzteres in jenen Jahren gerade zufällig seyn konnte, ist im Art. *Hagel* genugsam nachgewiesen, das Mittel selbst aber im Art. *Gewitter* bereits gewürdigt. Daſs eine heftige Lufterschütterung, wie sie z. B. bei Schlachten und Artillerie-Uebungen statt findet, diejenige Ruhe der Atmosphäre stören könne, welche zur Hagelbildung erforderlich scheint, findet P. Heinrich [3] allerdings in einigem Grade wahrscheinlich, und kann auf keine Weise als unmöglich erwiesen werden. Zugleich aber muſs man sich wohl hüten, aus der Erfahrung, wenn ein Gewitter bei einer solchen Gelegenheit vertheilt wird, den Schluſs zu entnehmen, daſs beides als Ursache und Wirkung zusammenhänge, da so oft ein anscheinend furchtbares Gewitter drohet, und ohne eine solche oder irgend eine bekannte Ver-

1 Mém. de l'Acad. de Dijon. 1803.

2 Magaz. encyclop. An. 1806. T. II. p. 1. Auch der Obrist Clarac theilte an Gilbert die Erzählung mit, wonach dieses Mittel sich von Erfolg zeigte. S. G. XXIV. 400.

3 G. XXVI. 219.

anlassung gleichsam wieder verschwindet, wogegen minder drohende in ihrem Verlaufe erst einen so ausnehmend verheerenden Charakter annehmen. Daſs das Mittel nicht allezeit, also nicht sicher dagegen helfe, dafür läſst sich die Erfahrung anführen, daſs einst unter Friedrich dem Zweiten ein groſses Artillerie-Manoeuvre, wobei auſserdem noch 36000 Mann Infanterie feuerten, ein heranziehendes Gewitter nicht überwältigen konnte[1]. Indem aber endlich schon oben gezeigt ist, daſs dieses Mittel praktisch durchaus keine Anwendung leidet, weil ein schon ausgebildetes Hagelwetter der Natur der Sache nach gar nicht mehr zerstört werden kann, die Theorie mit ziemlicher Gewiſsheit gegen dasselbe entscheidet, und die Resultate der Versuche allezeit sehr problematisch bleiben, so scheint es mir selbst nicht einmal der groſsen Kosten werth zu seyn, die Frage auf dem Wege der Erfahrung zu beantworten, ob eine Störung des Gewitterbildungsprocesses durch dieses Mittel möglich ist oder nicht, obgleich dieses in wissenschaftlicher Hinsicht von nicht geringem Interesse seyn würde.

Einige Physiker, namentlich Denize und Parrot[2], haben dem Pulverdampfe einen chemischen Einfluſs auf die Fähigkeit der Luft, Gewitter zu bilden, zugeschrieben. Die unbestimmten Aeuſserungen des ersteren sind oben gewürdigt, bei dem letzteren hängt aber die Behauptung mit einer eigenen Theorie der Verdunstung zusammen, und kann also erst bei der Untersuchung dieser in ihrem ganzen Umfange gewürdigt werden. In specieller Anwendung auf die Zerstörung der Gewitter läſst sich hier aber schon so viel sagen, daſs explodirendes Schieſspulver kein Sauerstoffgas entwickelt, folglich auch diejenige Wirkung in den oberen Regionen davon nicht erhalten werden kann, welche Parrot von einer Entbindung dieses Gases verlangt, und damit fällt dann der erwartete chemische Einfluſs jenes Mittels von selbst weg. Wäre es wirklich ausführbar, Racketen in diejenigen Regionen zu bringen, wo die Hagelwetter muthmaſslich gebildet werden, und könnte man sie dort zur Explosion bringen, so wäre es leicht möglich, daſs die mechanische Erschütterung nicht ohne Erfolg bliebe, allein auch bei diesem Mittel scheitert die Ausführbarkeit an unüber-

1 Salzburger phys. Journ. 1 Jahrg. Hft. 3.

2 G. X. 217.

windlichen Schwierigkeiten, welche aus der Natur der Ha bildung von selbst hervorgehen, und wir sind daher in Be hung auf die Mittel zur Abwendung dieses verheerenden Ue noch nicht weiter als bis wohin die von P. Heinrich, Wr und Weiss ausgesprochenen Urtheile reichen, nämlich daſ kein sicheres und durch menschliche Kräfte ausführbares M der Hagelableitung giebt. *M.*

Halbkugel.

Hemisphäre; ***Hemisphaerium;*** **Hémisphè** *Hemisphere.* Irgend ein gröſster Kreis auf der Kugel th die Oberfläche der Kugel in zwei genau gleiche Theile, de jede also die Oberfläche einer Halbkugel ist. Die Ebene ei solchen Kreises geht durch den Mittelpunct der Kugel und th auch den körperlichen Inhalt der Kugel in zwei gleiche Halb geln. Für jeden vorzüglich merkwürdigen gröſsten Kreis der Himmels- oder Erdkugel giebt es daher zwei entgegen setzte Halbkugeln. Der Aequator, am Himmel sowohl als der Erde, trennt die nördliche Halbkugel von der südlichen, nördliche Pol steht in der Mitte der nördlichen Halbkugel, ebenso der Südpol in der Mitte der südlichen. Der Hori theilt die Himmelskugel in die sichtbare oder obere, und in unsichtbare oder untere Halbkugel; das Zenith liegt in der M jener, das Nadir liegt in der Mitte dieser.

Auf der Erde können wir uns 90 Grade von dem Pun wo wir stehen, einen gröſsten Kreis gezogen denken, der d auch in Beziehung auf uns die obere und untere Halbkugel einander trennt; unsere Antipoden wohnen in der Mitte Oberfläche jener andern Halbkugel. Der Mittagskreis theilt Himmelskugel in die östliche und westliche Halbkugel; in Mitte jener liegt der Ostpunct, in der Mitte dieser der W punct. Auch die Ekliptik am Himmel theilt den Himmel zwei Halbkugeln, alle Puncte in der einen haben nördliche B te, alle Puncte in der andern haben südliche Breite.

Wenn die Sonne einen kugelförmigen Himmelskörper scheint, so nennt man die gegen die Sonne gekehrte Halbku die erleuchtete, die von ihr abgekehrte die unerleuchtete; deſs sind diese beiden Theile nicht genaue Halbkugeln, sond

der von der Sonne erleuchtete Theil ist gröſser, als der unerleuchtete, weil die Sonne gröſser ist, als irgend einer der von ihr erleuchteten Himmelskörper[1].

Ebenso ist es nicht ganz richtig, wenn man den uns sichtbaren Theil eines Himmelskörpers, seine uns sichtbare Halbkugel nennt; denn da unser Auge nur ein Punct ist, so ist die Grenzlinie des uns sichtbaren Theils einer Kugelfläche nicht eigentlich ein gröſsester Kreis und wir übersehen etwas weniger als die Halbkugel. *B.*

Halbleiter. s. Leiter.

Halbschatten.

Penumbra; Pénombre; *Penumbra.*

Wenn ein leuchtender Körper auf einen dunkeln Körper Licht sendet, so wirft der letztere einen Schatten, und es sind alle die Puncte im vollen Schatten dieses Körpers, zu welchen gar kein Licht von jenem gelangt. Aber so wie es Puncte giebt, zu denen von keinem Puncte des leuchtenden Körpers ein Lichtstrahl gelangt, so giebt es andere Puncte, zu denen nur die Lichtstrahlen von einigen Theilen des leuchtenden Körpers gelangen, und diese liegen im *Halbschatten.* Der völlige Schatten besteht in gänzlichem Mangel an Erleuchtung; der Halbschatten hat in seinen verschiedenen Puncten sehr ungleiche Grade der Erleuchtung, je nachdem von einem gröſsern oder kleineren Theile des leuchtenden Körpers noch Strahlen zu diesen verschiedenen Puncten gelangen.

Da der Fall, daſs eine leuchtende Kugel einen dunklen Körper bescheint, derjenige ist, dessen Betrachtung in der Astronomie vorzüglich vorkömmt, so verdient er zuerst erwähnt zu werden. Es sey AB die Sonne, EF die Erde, so erhält man Fig. 6.
die Begrenzung des vollen oder Kernschattens, wenn man die Linie AE, BF hinter den Körper EF verlängert. In die Gegend zwischen ty gelangt kein Sonnenstrahl, oder ein dort stehendes Auge würde keinen Theil der Sonne sehen. Dieser volle Schatten bildet einen Kegel, wenn die leuchtende Kugel gröſser als die erleuchtete ist; dagegen ist er cylindrisch, für einen mit

1 Vergl. Art. *Schatten.*

dem leuchtenden Körper gleich groſsen dunkeln Körper, und er wird ein abgekürzter, gegen H zu und jenseits H sich immer mehr erweiternder Kegel, wenn der dunkele Körper eine gröſsere Kugel als der leuchtende ist. Die Grenze des Halbschattens findet man, wenn man die berührende Linie AF und BE hinter EF verlängert; denn in Puncten, die zwischen y und P liegen, wird zwar durch einige Puncte, aber nicht durch alle Puncte der gegen EF gekehrten Sonnen-Oberfläche eine Erleuchtung hervorgebracht. Je näher bei y man einen Punct im Halbschatten nimmt, desto schwächer ist die Erleuchtung, und da bei P die volle Erleuchtung anfängt, so erhellet, daſs der Halbschatten unmerklich in die gänzliche Erleuchtung übergeht. Der ganze Raum, in welchem der Halbschatten statt findet, ist allemal ein abgekürzter Kegel, wenn beide Körper kugelförmig sind[1].

Bei der Beobachtung des Schattens, welchen Körper auf der Erde auf eine gegebene Ebene werfen, kömmt auch ein Fig. 7. Halbschatten vor. Wenn man vom obersten Sonnenrande S eine gerade Linie über die Spitze des aufgerichteten Stabes AB bis auf die den Schatten aufnehmende Ebene DE zieht, so ist C das Ende des vollen Schattens; die Linie hingegen, die vom untersten Puncte der Sonne T über B nach c gezogen wird, begrenzt den Halbschatten. Ist die Höhe des unteren Sonnenrandes über dem Horizonte $= \alpha - \frac{1}{2} D$, des oberen Sonnenrandes $= \alpha + \frac{1}{2} D$, so ist

$$AC = AB.\ \text{Cotg.}\ (\alpha + \tfrac{1}{2} D),$$
$$Ac = AB.\ \text{Cotg.}\ (\alpha - \tfrac{1}{2} D),$$
$$Cc = AB.\ \frac{\text{Sin. } D}{\text{Sin. } (\alpha + \frac{1}{2} D).\ \text{Sin. } (\alpha - \frac{1}{2} D)}$$
$$= \frac{2\, AB.\ \text{Sin. } D}{\text{Cos. } D - \text{Cos. } 2\alpha}$$

Der Halbschatten nimmt also zu, wenn α kleiner wird und wird unendlich, wenn $\alpha = \frac{1}{2}$ D ist, weil dann der untere Sonnenrand den Horizont berührt. Dieser Halbschatten macht daher die Bestimmung der Sonnenhöhe aus der Länge des Schattens desto unsicherer, je geringer die Sonnenhöhe ist. Wenn man die Grenze des Halbschattens für jeden leuchtenden und erleuchteten Körper vollständig bestimmen will, so muſs man sich eine den leuchtenden und den erleuchteten Körper berührende

1 Vgl. Art. *Finsternisse.*

Ebene denken, und diese in alle mögliche Lagen, bei welchen die beiden Berührungen statt finden können, gebracht sich vorstellen; die krumme Fläche, welche dann aus den zwischen je zwei Berührungspuncten gezogenen geraden Linien gleichsam zusammengesetzt ist, oder die krumme Fläche, welche von jenen Ebenen in den so eben genannten Linien berührt wird, ist die Begrenzung des Schattens oder Halbschattens. Sie ist die Begrenzung des vollen Schattens, wenn die Berührung der leuchtenden und der erleuchteten Oberfläche an derselben Seite der Ebene statt findet; sie ist die Begrenzung des Halbschattens, wenn die Berührung der einen Oberfläche an der einen, der andern an der andern Seite der Ebene statt findet. Diese krummen Flächen, welche von der Tangential-Ebene allemal in einer geraden Linie berührt werden, und wo die Tangential-Ebene, indem man ihre Lage ein wenig ändert, eine der vorigen geraden Linie unendlich nahe gerade Linie berührt, gehören allemal zu den abwickelbaren krummen Flächen [1].

B.

Harmonica.

Die **Glasharmonica** ist ein musikalisches Instrument, bestehend aus gläsernen Campanen, welche auf eine eiserne Axe gesteckt und diese mit einer Kurbel umgedrehet durch Reiben ihrer Ränder mit benetzten Fingern zum Tönen gebracht werden. Hierbei beruhet die Erzeugung der Töne auf den Schwingungen, welche man durch das Reiben in den Campanen erzeugt, und die Höhe der Töne, von der Gröſse der Campanen abhängig, auf der Länge der Schwingungsbogen. Beides wird im Art. *Schall* ausführlich untersucht werden, die mechanische Construction des Instrumentes aber ist sehr einfach und gehört nicht hierher.

Chemische Harmonica nennt man jede Vorrichtung, wenn man eine Flamme von Wasserstoffgas, welche an der Mündung einer Röhre brennt, in irgend einen geeigneten Canal leitet, wodurch dann ein eigenthümlicher summender Ton

---

1 Die höhere Geometrie führt zur Auflösung aller hierher gehörigen Aufgaben. Einige derselben habe ich in meinem Lehrbuche der höheren Geometrie 2 Theil §. 251 bis 260 und §. 529. 530. angeführt.

erzeugt wird. Die einfachste Methode, diesen in akustischen Hinsicht interessanten Versuch anzustellen, ist folgende. Man bereitet auf die bekannte Weise Wasserstoffgas aus Zinkstücken und Salzsäure oder verdünnter Schwefelsäure in einer Phiole, deren Hals durch einen Kork mit einem in denselben eingelassenen Pfeifenstiele von 6 bis 8 Z. Länge, oder einer oben zugespitzten, etwa 2 Par. Lin. weiten Glasröhre verstopft ist, so daſs das sich entwickelnde Gas durch die obere Oeffnung entweicht, zündet dasselbe an der oberen Mündung der thönernen oder gläsernen Röhre an, und stürzt einen gläsernen Kolben darüber, welchen man mit der Hand schwebend erhält, so wird der Ton hörbar. Fig. 8. Die Entbindungsflasche A muſs eine verhältniſsmäſsige Weite haben, so daſs die erforderliche Menge Gas erzeugt wird, ohne daſs die Flüssigkeit in das Rohr c aufsteigt, zugleich aber darf sie nicht allzu geräumig seyn, damit keine zu groſse Menge atmosphärische Luft in ihr zurückbleibt, und mit dem Wasserstoffgas vereinigt Knallgas bildet, welches sonst beim Anzünden explodirt. Letzteres ist übrigens mit nur geringer Gefahr verbunden; denn wenn man eine Entbindungsflasche von starkem Glase, und einen guten Kork wählt, welcher für die geringe Spannung hinlänglich schlieſst, ohne zu fest hineingedrückt zu werden, so schleudert das explodirende Knallgas diesen ohne weiteren Verlust als den des hineingesteckten Rohres hinaus. Ohnehin aber ist auch dieses nicht leicht zu befürchten, sobald man das ausströmende Gas nicht zu bald entzündet. Wählt man zu dem Rohre c ein thönernes, den Stiel einer gemeinen irdenen Tabackspfeife, so saugt dieses einen Theil der Feuchtigkeit des Gases ein, welches im Ganzen vortheilhaft ist; indeſs leistet eine Glasröhre von zwei Lin. Weite, oben etwa bis zu einer halben Linie verengt, das Nämliche, wie man denn nicht minder sich auch einer metallenen Röhre bedienen kann. Uebrigens ist dieser Apparat nur für kurzdauernde Versuche berechnet; zur Anstellung von länger dauernden wählt man ein geeignetes Gasometer, welches eine gleichmäſsig anhaltende Ausströmung gewährt. Die Flamme des brennenden Wasserstoffgas darf weder zu groſs noch zu klein seyn, und muſs das Mittel zwischen 0,5 und 1,5 Z. Länge halten, wenn der Ton von hinlänglicher Stärke und Reinheit zum Vorschein kommen soll. Inzwischen wird dieses durch die Weite des Kolbenhalses D bestimmt, welcher die Gröſse der Flamme proportional seyn muſs.

Beträgt jene nur etwa einen Zoll, so muſs die Flamme kleiner seyn, weil sie ohnehin sonst leicht erlöscht, bei zwei Zoll Weite dagegen und darüber kann sie wohl über zwei Zolle Länge haben.

Für die chemische Harmonica nimmt man in der Regel die Flamme des so reinen Wasserstoffgases als es auf die angegebene Weise erhalten wird, und nennt diese, wenn sie ruhig brennt, *lumen philosophicum*. Minder sicher und helltönend ist die Erscheinung, wenn man andere brennbare Gasarten anwendet, als Kohlenoxyd -, ölerzeugendes, Kohlenwasserstoff-, hydrothionsaures, Arsenikwasserstoff-, Weingeist- und Aether-Gas. Zu den Gefäſsen, in welche die Flamme einen bis drei und auch wohl noch mehr Zolle hinein erhoben wird, eignen sich am besten die gläsernen Kolben, deren man sich als Vorlagen bedient, statt deren man indeſs auch oben verschlossene oder offene cylindrische Röhren von Glas oder Metall oder einer sonstigen geeigneten Substanz wählen kann, jedoch dürfen die offenen nicht zu kurz seyn.

So wie der Versuch hier beschrieben ist, kann er sehr leicht angestellt werden, eignet sich dann aber zu weiter nichts als bloſs dazu, um das Phänomen im Allgemeinen kennen zu lernen. Betrachtet man die Sache dagegen aus dem wissenschaftlichen Gesichtspuncte, so kommt hauptsächlich dabei in Betrachtung zuerst die Ursache, wodurch überhaupt das Tönen erzeugt wird, und zweitens die Bedingungen, auf denen die Höhe oder Tiefe und der Klang[1] der Töne beruhet. De Lüc wird in Deutschland fast allgemein für denjenigen gehalten, welcher das Phänomen zufällig wahrnahm, als er das beim Verbrennen des Wasserstoffgases gebildete Wasser in einen Kolben auffangen wollte[2], jedoch hat Higgins schon weit früher im Jahre 1777 die nämliche Erscheinung beobachtet[3], und de Lüc sagt auch nicht, daſs er selbst, sondern daſs man vor Kurzem diese sonderbare Entdeckung gemacht habe. Daſs dieser Versuch sogleich nach seiner Bekanntwerdung vielfach wiederholt

1 Das Wort *Klang* wird hier in der Bedeutung genommen, daſs es überhaupt die individuelle Art des Tones bezeichnet.

2 Neue Ideen über die Meteorologie. I. 138. §. 200.

3 Nicholson's Journ. of Nat. Phil. New Ser. I. 129. IV. 33. Vergl. Ann. Ch. Ph. VIII. 363.

wurde, lieſs sich erwarten, indeſs fand man es bei seiner Einfachheit nicht der Mühe werth, jede Beobachtung bekannt zu machen. In Deutschland erhielt die Erscheinung allgemeinere Bekanntschaft durch Hermbstaedt[1] und durch den Grafen Mussin Puschkin[2], welcher den Ton nicht von den Schwingungen des Glases herleitete, sondern annahm, daſs sich in jedem Zeitmomente Knallgas bilde und explodire, wobei dann die in unmeſsbaren Zeitintervallen einander folgenden Explosionen den anhaltenden Ton erzeugen müſsten. Eine gleiche Ansicht hegte Scherer[3], mit dem Unterschiede, daſs nach ihm durch die Explosionen das Glas der Kolben erschüttert werden, und hierdurch der Ton entstehen sollte. Mussin Puschkin führte indeſs hiergegen das Argument an, daſs man die Kolben umwickeln könne, ohne dadurch die Entstehung des Tones zu hindern. Um dieses zu prüfen, stellte Ssherer[4] eine neue weitläuftige Reihe von Versuchen an, bediente sich zum Aufnehmen der Flamme der verschiedenartigsten Gläser, als offener und verschlossener Röhren, Vorlagen, Kolben, Flaschen sowohl runder als kantiger, ja sogar gemeiner Medicingläser mit nicht zu enger Oeffnung, und fand es allerdings bestätigt, daſs das Umwickeln derselben mit vielen Leinen und sonstigen, die Schwingungen des Glases hindernden Substanzen das Hervorbringen des Tones nicht aufhebe. Nach ihm entstehen die Töne durch das Vacuum, welches vermöge des Verbrennens des Wasserstoffgases mit Absorption von Sauerstoffgas in den gläsernen Gefäſsen hervorgebracht wird, und in welches die äuſsere Luft dann mit so viel gröſserer Gewalt eindringt, je enger die Oeffnung des Glases ist.

F. F. Chladni[5], so classisch in allen seinen Untersuchungen der Schalllehre, stellte bald nach Bekanntwerdung des Phänomens eine groſse Reihe von Versuchen an, und entschied in Gemäſsheit derselben, daſs der Ton nicht durch das Gefäſs erzeugt werde, worin die Flamme des Wasserstoffgases

1 V. Crell's chem. Ann. 1793. I. 355.

2 Göttling's Taschenb. f. Scheidekünstler. 1795. S. 18.

3 Gren's Journ. VIII. 375.

4 Gren's N. Journ. II. 506.

5 Neue Schrift. d. Ges. Nat. Fr. Berlin 1795. I. 125. Hindenburg Archiv d. reinen u. angewandten Math. 1794. I. S. 126.

brennt, weil dasselbe von Holz, Metall oder Glas seyn, an jeder Stelle festgehalten werden könne, und der Ton ein anderer sey, als die Schwingungen desselben erzeugen würden. Der tönende Körper ist diesemnach die Luftsäule im Innern des Gefäſses, und die Höhe des Tones beruhet auf den bekannten Schwingungsgesetzen der Luftsäulen in Röhren, Pfeifen u. s. w. Ein entscheidender Beweis hierfür liegt schon darin, daſs der erzeugte Ton der nämliche ist, als wenn man in das angewandte Gefäſs hineinbläst, und das Verbrennen des Wasserstoffgases setzt also die Luftsäule auf die nämliche Weise in Schwingungen, als dieses bei den Blaseinstrumenten auf mancherlei Art geschieht. Daſs das Verbrennen anderer Substanzen, z. B. eine brennende Kerze, nicht auf gleiche Weise Töne erzeugt[1], dieses rührt daher, weil dabei das Zuströmen des Wasserstoffgases fehlt.

Ungleich weniger klar, als diese Darstellung, ist diejenige, welche de la Rive später davon gab[2], wobei er sich auf eine frühere Vorlesung von Pictet und eine Bekanntmachung des Phänomens durch Brugnatelli bezieht. Nach Versuchen von Pictet, welcher das Gefäſs mit Rauch anfüllte, nimmt er einen tönenden Punct an, nämlich den der Verbrennung des Gases, weil der Ton sich mit der Veränderung dieses Punctes gleichfalls verändert[3]. Von diesem Puncte aus sollen dann Schwingungen ausgehen, gegen die Wände des Gefäſses stoſsen, von diesen reflectirt den ursprünglichen Schwingungen begegnen, so daſs beide gemeinschaftlich den Ton bedingen. Als mitwirkende Ursache soll dann die ungleiche Temperatur der Luft hinzukommen, indem die Mündung, an welcher das Gas brennt, stets glühet, und weil dieses bei einem brennenden Strome von Weingeist- und Aether-Dampf nicht der Fall ist, so soll hierdurch die Erscheinung nicht hervorzubringen seyn, was aber gegen die Erfahrung streitet, endlich aber soll auch die Temperatur des Zimmers auf die Erzeugung des Tones einen Einfluſs

1 Daſs diese letztere Behauptung einiger Beschränkung bedürfe, haben spätere Versuche ergeben, welche weiter unten erzählt werden.

2 Journ. de Ph. LV. 165.

3 Daſs dieses aus einer Verlängerung oder Verkürzung der schwingenden Luftsäule leicht erklärlich sey, bedarf kaum einer Erinnerung.

haben. Daſs de la Rive die Ursache des Phänomens verkannt habe, sieht man deutlich aus einer Anmerkung, worin er den Ton mit demjenigen vergleicht, welchen ein sogenannter Brummkreisel erzeugt, aus welchem die Luft durch die Centrifugalkraft herausgeschleudert werden, und die äuſsere in das Vacuum wieder eindringen soll. Auf gleiche Weise, meint er, würde durch das verbrennende Wasserstoffgas Dampf, durch die Verdichtung desselben aber ein Vacuum erzeugt, und der Ton entstehe dann durch das Eindringen der äuſseren Luft, wonach also die Ursache in den successiven Explosionen zu suchen wäre. Diese Hypothese wird durch einen dieses zwar nicht beweisenden, aber an sich sinnreichen Versuch unterstützt. Wenn man nämlich in eine Kugel an einer etliche Zolle langen Glasröhre, jene etwa 8 diese 2 Lin. weit, einige Tropfen Wasser oder Quecksilber bringt, und die Kugel einer starken Hitze über einer Weingeistlampe aussetzt, so entsteht ein ähnlicher Ton, hört nach einer kurzen Zeit auf, erneuert sich aber wieder, wenn nach dem Erkalten etwas von der Flüssigkeit aus der Röhre in die Kugel zurückflieſst. Hierbei ist leicht begreiflich, daſs die sehr expandirten Dämpfe, welche zum Theil in der kalten Röhre niedergeschlagen werden, die in der Röhre befindliche Luftsäule in Schwingungen versetzen. Brugnatelli brachte die Töne der chemischen Harmonica auch durch das Verbrennen von etwas Phosphor hervor, was wohl nicht zweifelhaft ist, jedoch läſst sich dieser Versuch wegen des schnellen Verbrennens des Phosphors nicht mit gleicher Leichtigkeit anstellen. Der Harmonica-Ton soll nach Geiger[1] gleichfalls entstehen, wenn man ein Medicinglas zu $\frac{3}{4}$ mit Wasserstoffgas, $\frac{1}{4}$ atmosphärischer Luft anfüllt, die Mündung nach unten kehrt, und das Gemenge anzündet.

Chladni blieb seiner anfänglichen Erklärung getreu, nämlich daſs die erzeugten Töne durch die Schwingungen der eingeschlossenen Luftsäule auf gleiche Weise entstehen, als in Blaseinstrumenten überhaupt, und daher auch mit denjenigen identisch sind, welche beim Hineinblasen in die Röhren gehört werden, indem Letzteres, nämlich das Hineinblasen, durch das einströmende Wasserstoffgas, das Hinzutreten des Sauerstoffgases der atmosphärischen Luft und vielleicht das Entweichen

1 Handbuch d. Pharmacie 2te Aufl. Heid. 1827. 8. I. S. 244.

des übrigbleibenden Stickgases ersetzt wird. Schiebt man die Flamme tiefer in das Rohr, oder steckt man von unten einen Finger in dasselbe, so werden die Schwingungsknoten der Luftsäule verändert und hiermit tritt zugleich eine Veränderung des Tones ein. Letzterer folgt auſserdem beim Bedecken der Röhre den nämlichen Gesetzen als die gewöhnlichen Pfeifentöne[1]. Die gehaltreichsten Untersuchungen, welche wir später über dieses akustische Problem erhalten haben, sind von Faraday[2], wobei nur zu bedauern ist, daſs dieser scharfsinnige Gelehrte bloſs die Abhandlung von de la Rive und nicht die von Chladni kannte. Letzterer hatte schon gefunden, daſs man sowohl gläserne als auch metallene Röhren und Gefäſse zu dem Versuche anwenden könne, und er folgerte aus theoretischen Gründen, daſs gehörig gestaltete Röhren von andern Substanzen gleichfalls dazu geeignet seyn müſsten, sobald nur die Luftsäule in denselben die zur Erzeugung eines Tones erforderlichen Schwingungen annehmen könne. De la Rive wandte auch hölzerne Röhren mit Erfolg an, erklärte sich aber namentlich gegen solche von Pappe und Papier, weil sie ihm für die von ihm angenommene Reflection der Schwingungen nicht elastisch genug schienen; allein Faraday erhielt recht gute Töne in einer bloſs aus zusammengerolltem Papiere gebildeten Röhre. Derselbe fand ferner, daſs man zwar am besten sich der Flamme des verbrennenden Wasserstoffgases bedienen könne, daſs aber Kohlenoxydgas, ölerzeugendes- und Kohlen-Wasserstoffgas, überhaupt rasch verbrennende Gasarten oder Dämpfe die Erscheinung gleichfalls hervorbringen, und daſs dieselbe auch dann erhalten werde, wenn man die Röhre über 100° C. erhitze, so daſs also die Dämpfe in derselben nicht niedergeschlagen werden. Nach Faraday liegt die Ursache des Tönens nicht in den Schwingungen der Röhre, weil man diese ohne irgend einen Einfluſs umwickeln kann, sondern in den successiven Explosionen, und die Töne werden um so leichter erzeugt, bei je niedrigerer Temperatur diese Explosionen anhaltend erfolgen, welche dann durch die Wände der angewandten Gefäſse eine Resonanz erhalten. Indeſs läſst sich bald zeigen, daſs diese

1 S. Chladni die Akustik. Leipz. 1802. S. 91. §. 78. Dessen Traité d'Acoustique Par. 1809. p. 85. §. 66.

2 Ann. Ch. Ph. VIII. 363.

Theorie zn den Erscheinungen nicht paſst. Manche Töne werden nämlich allerdings verstärkt durch die Resonanz, wie sich namentlich mit einer Stimmgabel leicht zeigen läſst, allein abgeändert rücksichtlich der Höhe und Tiefe können sie dadurch nicht werden. Die nämliche Flamme müſste also in jeder Röhre den nämlichen, der Zahl ihrer Explosionen in einer gegebenen Zeit proportionalen Ton geben, allein da dieser allezeit derjenige ist, welchen das Gefäſs durch Hineinblasen giebt, so liegt hierin der evidente Beweis, daſs durch die Flamme die eingeschlossene Luftsäule auf eine ähnliche Weise in ihrer Beschaffenheit angemessene Schwingungen versetzt wird, wonach also der Ton in Gemäſsheit derjenigen Gesetze erzeugt wird, welche durch Chladni und andere für tönende Luftsäulen aufgefunden sind[1].

Zenneck's Abhandlung[2], die neueste über diesen Gegenstand vor Faraday's Arbeit, setzt dem bisher Bekannten nichts hinzu, vielmehr soll einiges bei den Versuchen nicht beobachtet seyn, was sowohl früher als auch später von andern unter sich und mit der Theorie übereinstimmend gefunden ist. Bloſs die interessante Zugabe findet man hier, daſs eine Flöte oder überhaupt jedes seitwärts durchbohrte Rohr verschiedene Töne giebt, wenn man das eine oder das andere Loch verschlieſst, wie Chladni[3] gleich anfangs aus seiner Theorie folgerte, und woraus sich also ergiebt, daſs die chemische Harmonica ihrem Wesen nach unter die Blaseinstrumente gehört. Daſs der Ton nicht mehr zum Vorschein kommt, wenn die Röhre im Innern zu sehr mit Wasser überzogen ist, rührt nach Chladni entweder daher, daſs die Schwingungen der Luftsäule durch die Wassertropfen zu sehr gestört werden, oder daſs sie in einer Mischung aus Luft und Wasserdampf wegen schnell wechselnder Dichtigkeit an sich unmöglich sind. Nicht ohne Werth ist die von Zenneck mitgetheilte Tabelle, welche die in Röhren von angegebener Länge und Weite entstandenen Töne enthält, und zur Vergleichung der in Röhren überhaupt erzeugten Töne dienen kann. Daſs aber der beim Hineinblasen erhaltene Ton allezeit höher gewesen seyn soll als derjenige, welchen die Gas-

---

1 Vergl. *Schall.*

2 Schweigger's Journ. XIV. 14.

3 Neue Schrift. d. Ges. Nat. Freunde a. a. O.

flamme gab, streitet gegen die Resultate der gemeinsten Beobachtungen; sehr mit der Theorie übereinstimmend ist es dagegen, wenn Zenneck neben dem eigentlichen Tone noch die niedere Octave wahrnahm. Zugleich hält dieser die chemische Harmonica für geeignet, ein musikalisches Instrument abzugeben, welches aber Chladni gleich anfangs aus triftigen Gründen mit Recht verworfen hat. *M.*

Hebel.

Vectis; Levier; *Lever.*

Hebel heiſst im allgemeinsten Sinne des Wortes jede gerade oder krumme Linie, jede gegebene Fläche und jeder willkürlich gestaltete Körper, wenn man bei ihnen einen festen Punct annehmen kann, um welchen sie durch eine Kraft oder durch mehrere, auf willkürliche Angriffspuncte wirkende, Kräfte gedrehet werden können. Der Begriff des Hebels wird selbst durch die Bewegung des festen Punctes nicht aufgehoben, wie denn z. B. namentlich die Gesetze des Hebels bei dem Gliederbaue der Menschen und Thiere auch bei der Bewegung von diesen noch in Betrachtung kommen. Um aber dieses vielseitige Ganze unter einen gemeinsamen Begriff zu vereinigen, unterscheidet man den mathematischen und den physischen Hebel, construirt die Gesetze an dem ersteren und wendet sie dann auf den letzteren an.

I. Mathematischer Hebel.

Unter einem mathematischen Hebel versteht man eine gerade, krumme, in einen oder mehrere Winkel gebogene, unbiegsame Linie, welche in einem Puncte unterstützt von einer oder mehreren Kräften in verschiedenen Richtungen und mit willkürlichen Angriffspuncten zur Bewegung sollicitirt wird, und das Gleichgewicht ist dann hergestellt, wenn die Summe der Momente der nach verschiedenen Seiten wirkenden Kräfte = 0 ist. Die geometrische Construction und ein schulgerechter Beweis dieses Hauptgrundsatzes der Statik und Mechanik hat die Mathematiker von jeher ausnehmend beschäftigt. Der Kürze und Einfachheit wegen berücksichtigt man zuerst den *geradlinigen Hebel*, eine gerade unbiegsame Linie mit einem *Unter-*

stützungspuncte, dem *Bewegungs-* oder *Umdrehungspuncte*, (*centrum motus*; point d'appui; *centre of motion*), welcher letztere auf der Unterlage oder der Unterstützung (*hypomochlium*; *fulcrum*; appui, soutien; *prop*) Fig. 9. ruhet. Liegt dann der Unterstützungspunct C zwischen den beiden Angriffspuncten der bewegenden Kräfte, welche vorläufig in paralleler Richtung wirkend angenommen werden, so heiſst der Hebel ein *doppelarmiger*, *zweiarmiger* oder *zweiseitiger*; ein **Hebel der ersten Art** (*vectis heterodromus*; levier du premier genre; *lever of the first kind*); liegt dagegen der Unterstützungspunct seitwärts von beiden Angriffspuncten, so heiſst der Hebel ein *einarmiger* oder *einseitiger*, ein **Hebel der zweiten Art** (*vectis homodromus*). Letztere Bezeichnung wird indeſs in der Regel bloſs von demjenigen Hebel gebraucht, bei welchem Fig. 10. der Angriffspunct der bewegenden Kraft A am Ende, der der zu hebenden Last dagegen B in der Mitte liegt, und man nennt dann einen **Hebel der dritten Art** einen solchen, Fig. 11. bei welchem die letztere Anordnung umgekehrt ist. Für die mathematische Theorie des Hebels und für die praktische Anwendung desselben ist die Abtheilung überhaupt ohne Nutzen und sollte billig nicht weiter beibehalten werden. Einige nehmen noch eine vierte Art Hebel an, welche z. B. beim Hammer am Stiele gegeben ist, allein dieses steht mit dem eigentlichen Begriffe des Hebels zu wenig im Einklange.

Gesetz des Gleichgewichts der Kräfte am Hebel.

Wenn man zunächst die mitgetheilte einfachste Construction des Hebels berücksichtigt, so heiſst das allgemeine Hauptgesetz desselben: *Am geradlinigen mathematischen Hebel stehen senkrecht wirkende Kräfte im Gleichgewicht, wenn sie sich verkehrt wie ihre Entfernungen vom Ruhepuncte verhalten, oder das statische Gleichgewicht ist hergestellt, wenn die Producte der Längen der Hebelarme in die bewegenden Kräfte einander gleich sind*; also wenn $Pl = pL$ oder $P : p = L : l$ ist.

Dieser Hauptgrundsatz beim Hebel, also bei der vorzüglichsten Fundamentalmaschine, ist in der gesammten Mechanik von gröſster Wichtigkeit, und war schon in den ältesten Zeiten bekannt. Archimedes[1] bezog denselben auf Flächen, welche durch verschiedene Kräfte in ungleichen Abständen von einem gegebenem Puncte um letzteren gedrehet werden sollen, verband ihn mit der Lehre vom Schwerpuncte, und setzte ihn eigentlich als Axiom ohne Beweis voraus. Wenn es nämlich gleich im ersten Satze heiſst: „Gleich schwere Gröſsen in gleichen Entfernungen wirkend, sind im Gleichgewichte"; so gehört dieses mit Recht unter die Voraussetzungen. In der Folge ist dann die Art des archimedeischen Beweises eine indirecte, indem er zeigt, daſs der Satz gültig seyn müsse, weil kein Grund zu einer Bewegung vorhanden sey, diese daher auch nicht eintreten könne, mithin der Zustand der Ruhe erzeugt werde. Die anschaulichste Art der Darstellung dieses Beweises, wodurch mindestens die Sache auf eine elementare Weise ausnehmend klar wird, ist folgende. Es sey die geometrische, den Hebel darstellende Linie AB in C unterstützt; in gleichen Ab- Fig. 12.
ständen von diesem Unterstützungspuncte seyen die gleichen Gewichte α; β; γ; a; b; c; d; e; herabgelassen, so muſs die Linie AB ruhen, weil auf beiden Seiten alle Bedingungen gleich sind, folglich kein Grund vorhanden ist, warum entweder der eine oder auch der andere Hebelarm herabsinken sollte. Es mögen dann die drei Gewichte α; β; γ nach dem Parallelogramm der Kräfte in die mittlere Diagonalkraft in s vereinigt, sie selbst aber weggenommen werden, so kann keine Veränderung eintreten, weil s der Summe von α; β; γ; völlig gleich und also nichts verändert ist[2]. Geschieht auf gleiche Weise die Vereinigung von a; b; c; d; e; in S, wodurch also abermals keine Veränderung herbeigeführt, mithin das Gleichgewicht fortdauernd erhalten wird, so finden sich für diesen

---

1 De aequiponderantibus. Lib. I. prop. VI u. VII. in Archimedis opp. per Isaacum Barrow. Lond. 1675. 4. Archimedis Kunstbücher, vert. von J. C. Sturm. Nürnb. 1670. Fol. Erst. Buch. Archimedes von Syracus vorhandene Werke, a. d. Griech. übers. und mit erläuternden u. krit. Anm. begleitet von Ernst Nizze. Stralsund. 1824. 4. S. 1 ff.

2 Es ist kaum nöthig, hierbei bemerklich zu machen, daſs hiernach der Satz vom Parallelogramm der Kräfte als schon bewiesen vorausgesetzt wird.

neuen Zustand des Gleichgewichts die Längen der Hebela DC und EC = 5 und 3, die zugehörigen Gewichte aber = und 5, so daſs also P l = p L wird. Schon BARROW erkl aber den archimedeischen Beweis für ungenügend, weil in eigentlichen Sätzen VI und VII, wo von dem Schwerpuncte vereinten Massen die Rede ist, ohne Beweis angenommen we daſs dieser in vereinten Körpern unverändert bleibe. GRUNE meint mit BARROW übereinstimmend, daſs das genannte W von ARCHIMEDES vielleicht verstümmelt oder nicht mit voll deter Genauigkeit ausgearbeitet sey. Die oben mitgetheilte monstration nimmt als Axiom an, daſs keine Bewegung ent hen könne, wenn die Bedingungen an beiden Hebelarmen d selben sind, oder wenn kein Grund hierzu vorhanden ist. A CHIMEDES drückt diesen Satz in seinen ersten Propositionen aus, daſs man eine Beziehung auf den Hebel deutlich darin kennt, und einige glauben daher, daſs LEIBNITZ seinen S vom zureichenden Grunde hieraus entlehnt habe, wobei es jedoch scheint, daſs dieser sich jedem, insbesondere einem du Geometrie gebildeten, Philosophen von selbst darbieten müss

CARTESIUS[3] suchte einen anderen Beweis für das allgem ne Gesetz des Hebels, und fand diesen in seinem allgemein statistischen Grundsatze, daſs nämlich das wahre Vermögen ner bewegenden Kraft dem *Producte der bewegten Masse ihre Geschwindigkeit* gleich sey. Dieser allerdings höchst fruc bare Satz, auf welchen CARTESIUS und seine Anhänger ein hohen Werth legten und in der Mechanik für gleich wichtig den Pythagoreischen Lehrsatz in der Geometrie hielten, bew set das Gesetz des Hebels sehr einfach. Ist nämlich der Hel
Fig. 13. a b mit den beiden ungleichen Gewichten P und p im Gleichg wichte, und wird er in die Lage $\alpha\beta$ gebracht, so verhalte sich die bewegten Massen wie P : p; die Geschwindigkeite aber wie die durchlaufenen Räume oder wie die Bogen aα : b Da diese Bogen aber gleichen Winkeln zugehören, so verha ten sie sich wie die Halbmesser a c : b c. Nach dem Gesetze d CARTESIUS also verhalten sich die Kräfte, womit sich P und

1 Statik fester Körper. Halle 1826. 8. S. 163.

2 Vergl. VINCE in Phil. Trans. 1794. I. 35.

3 Tract. de Mechan. in Opp. posth. Amst. 1701. 4.

bewegen, wie $P \times ac : p \times bc$ und wenn $P : p = bc : ac$, so folgt

$$P \times ac = p \times bc$$

oder die bewegenden Kräfte sind einander gleich, streben aber den Hebel nach entgegengesetzten Seiten zu drehen, und müssen also nach dem allgemeinen Gesetze des Gleichgewichts in Ruhe bleiben. Gegen diesen allerdings scharfsinnigen Beweis, welcher eigentlich darauf beruhet, daſs es gleichen Aufwand von Kraft erfordern muſs, in gleicher Zeit 1 Pf. 2 F. hoch, als 2 Pf. 1 F. hoch zu heben, läſst sich einwenden, daſs das Axiom, worauf er beruhet, als solches, nicht Evidenz genug hat, und daſs für den Zustand der Ruhe beide Geschwindigkeiten = Null sind[1]. Dem letzteren Einwurfe begegneten die Cartesianer dadurch, daſs sie sagten es sey auch im Zustande der Ruhe das Bestreben nach Bewegung mit einer gewissen Geschwindigkeit (*sollicitatio ad motum*, *velocitas virtualis*) vorhanden, welche bei jeder Bewegung sogleich eintrete.

Is. Newton[2] betrat einen ganz entgegengesetzten Weg rücksichtlich der Begründung des ersten Grundsatzes der Mechanik, indem er das Gesetz des Gleichgewichts am Hebel auf das Parallelogramm der Kräfte zurückführte, und das Geschichtliche dieser Untersuchungen schlieſst sich hiernach an die verschiedenen Bemühungen, einen allgemeinen Beweis für das Parallelogramm der Kräfte (*compositio virium*) zu finden[3]. Eben diesen Weg betrat nachher Varignon[4], welcher hierüber sehr ausführlich ist, und auf die Lehre von der Zusammensetzung der Kräfte die ganze Statik und Mechanik gründet. Diese Methode, eine allgemeinere, welche man auch die analytische nennen kann, ist seitdem von den meisten französischen Geometern befolgt, und findet sich am vollständigsten und schönsten in Poisson's Mechanik[5], aber auch in verschiedenen neueren

1 Hutton Dict. I. 724 nennt es geradezu absurd, den Beweis für den Zustand der Ruhe bei einem Hebel aus dem Erfolge bei seiner Bewegung herzunehmen. Derjenige Beweis aber, welchen er selbst und der ähnliche, welchen Hamilton in seinem Essays aufstellt, scheint mir indeſs nicht gegen jeden Einwurf gesichert.

2 Princ. Lib. I. Ax. 3 Cor. 2. p. 26. ed. Jacquier.

3 Vergl. *Bewegung* Th. I. S. 938.

4 Nouvelle mécanique ou statique. à Paris 1725. 4.

5 Traité de Mécanique analytique. Par. 1811. II Vol. 8.

deutschen Handbüchern, namentlich von Eytelwein[1], Br des[2] und mit hinlänglicher Ausführlichkeit, lichtvoll, Nachweisung der Quellen und des Unterschiedes der Bewe dargestellt durch Grunert[3]. Der Zustand des Gleichgewi und der Bewegung des Hebels kommt hiernach auf die al meinen Gesetze der Bewegung zurück, wie diese durch die schiedenen sollicitirenden Kräfte erzeugt wird.

Mehrere französische Gelehrte dagegen, hauptsächlich Engländer und auch Deutsche, sind der anderen Methode, n lich der durch Archimedes befolgten, getreu geblieben, nach das Gesetz des Hebels als Grundlage der gesammten chanik erscheint. Hiernach ist die Sache zwar einfacher auf elementare Weise leichter lichtvoll darstellbar, zugleich wird ein strenger Beweis dieses Gesetzes unumgänglich er dert. Dieses suchte hauptsächlich d'Alembert[4] anschau zu machen, indem er sagte, man sey mehr bemüht gewesen, Gebäude der Mechanik zu vergröſsern, als dessen Eing Licht zu geben; man habe den Bau stets fortgesetzt, ohne gehörige Festigkeit des Grundes zu sorgen. De la Hire[5], J Bernoulli[6], Maclaurin[7] und Kaestner[8] haben sich v züglich um diesen Beweis verdient gemacht, und ist insbes dere die Darstellung des Letzteren in die meisten deutschen mentaren Lehrbücher übergegangen[9]. Derselbe beruhet zwei Axiomen[10], nämlich: 1. Zwei gleiche Gewichte am glei

---

1 J. A. Eytelwein Handbuch d. Statik fester Körper. Berl. 1 III Th. 8.

2 Lehrbuch d. Gesetze des Gleichgewichts u. d. Bewegung ster u. flüssiger Körper. Leipz. 1817 u. 18. II Th. 8.

3 Statik fester Körper. Halle 1826. I vol. 8.

4 Traité de Dynamique. A Paris 1743. 4. Préface.

5 Traité de Mécanique Par. 1695. Prop. I — IV.

6 Opp. T. IV. N. 177. §. V.

7 Account of Sir Is. Newton's philos. discoveries B. VII. ch Expositio Philosophiae Newtonianae; ed. Falck. Vindob. 1761. 4 II. Cap. III. p. 186.

8 Theoria vectis et compositionis virium evidentius expo Lips. 1753. 4.

9 Namentlich mit groſser Klarheit dargestellt durch Kaes Lehrbegr. III. 35.

10 Die Art der Darstellung ist aus Grunert's oben angegebe

armigen Hebel in gleichen Entfernungen vom Ruhepuncte müſsen im Gleichgewichte seyn, weil auf keiner Seite eine Ursache der Bewegung stattfindet; 2. die beiden Gewichte P und P′ drükken auf die Unterlage mit einer Kraft, welche der Summe ihrer Gewichte gleich ist, und wenn man daher im Mittelpuncte des Hebels eine dieser gleiche aufwärts wirkende Kraft anbringt, so müssen die entgegengesetzten Kräfte P, P′ und (P + P′) mit einander im Gleichgewichte seyn; ein nicht durch sich selbst absolut evidenter Satz; die Beweisführung ist dann folgende.

a. Am gleicharmigen Hebel sind die gleichen Gewichte P Fig. und P′ im Gleichgewichte nach Nr. 1., wenn die Entfernung 14. ac = bc = A ist.

b. Da nach Nr. 2. das Gleichgewicht noch fortdauern muſs, wenn man in c eine Kraft = 2P aufwärts wirken läſst, so muſs Fig. dieses auch dann noch stattfinden, wenn man P wegnimmt, den 15. Hebel aber in a so befestigt, daſs er um diesen Punct gedrehet werden kann. Hiernach ist aber am einarmigen Hebel das einfache Gewicht in doppelter Entfernung mit dem doppelten Gewichte in einfacher Entfernung im Gleichgewichte.

c. Wird der eben beschriebene Hebel so verändert, daſs Fig. man ihn bis nach d verlängert, hier mit 2P beschwert, und 16. damit zugleich 2P in c ins Gleichgewicht bringt, so muſs nach Nr. 1. das Gleichgewicht fortdauern, und dieses wird auch dann der Fall seyn, wenn man die beiden entgegengesetzten Kräfte in c wegläſst, wonach also auch am zweiarmigen Hebel das einfache Gewicht in doppelter Entfernung mit dem doppelten in einfacher Entfernung ins Gleichgewicht kommt.

d. Giebt man dem eben beschriebenen Hebel statt der fe- Fig. sten Unterlage bei a ein Gegengewicht, welches der Summe 17. beider Gewichte gleich ist, nimmt vom Ende d das Gewicht 2P weg und macht dieses unbeweglich, so muſs beim einarmigen Hebel das Gleichgewicht nach Nr. 2. abermals hergestellt seyn.

e. Verlängert man diesen Hebel bis e, und beshwert ihn Fig. durch die gleichen herabhängenden Gewichte = 3P, so muſs 18. das Gleichgewicht nach Nr. 1. wieder hergestellt seyn, und also auch für den doppelarmigen Hebel nach Wegnahme der einander entgegengesetzt wirkenden Gewichte noch stattfinden,

---

Werke S. 166. entlehnt, wo sie lichtvoller als in der alten Ausgabe des Wörterbuchs durch Gehler gegeben wird.

so daſs also auch hierbei das dreifache Gewicht in einfacher E fernung dem einfachen in dreifacher Entfernung vom Un stützungspuncte das Gleichgewicht hält.

f. Es ist leicht zu zeigen, daſs man auf diese Weise du stete Verlängerung des Hebelarms und die Vemehrung der wichte um die anfängliche Einheit zu dem Satze gelangt, für beide Arten des Hebels das einfache Gewicht in der n fac Entfernung dem n fachen Gewichte in der einfachen Entfern das Gleichgewicht hält. Um dann die völlige Allgemeinheit Gesetzes des Hebels zu erweisen, darf nur bewiesen wer daſs dasselbe auch für die (n + 1) fache Vermehrung gilt, w es für die n fache erwiesen ist. Dieses kann aber auf folge Weise geschehen. Es sey an einem gegebenen Hebel n P
Fig. 19. P im Gleichgewichte, wenn cb = n (ac) ist. Wird dann eine (n + 1) P fache aufwärts wirkende Kraft angenommen ist nach Nr. 2. das Gleichgewicht nicht aufgehoben, wenn den Hebelarm in a drehbar befestigt und n P wegnimmt. längert man den Hebelarm von a bis d, so daſs ac = da ist,
Fig. 20. läſst von d und c herab (n + 1) P hängen, so ist das Gleic wicht nach Nr. 1. bestehend, und muſs auch fortbestehen, w die gleichen entgegengesetzten Gewichte weggenommen wer Hiernach ist das Gesetz also für das (n + 1) fache Gewicht die (n + 1) fache Entfernung gültig, und da es oben für n bewiesen ist, so ist es auch für n = 4; 5; 6..... gültig, w man diese Zahlen nach einander = n setzt, also ist seine Al meinheit bewiesen.

g. Aus diesem Satze läſst sich dann umgekehrt folge allgemeine ableiten: *Wenn zwei an einem Hebel der einen der andern Art wirkende Kräfte sich umgekehrt wie ihre fernungen vom Ruhepuncte verhalten, so sind sie im Gleic wichte.* Dieser Satz begreift zwei, schon von Archim berücksichtigte Fälle, nämlich entweder die Kräfte P un stehen zu einander in einem rationalen Verhältnisse, sie commensurabel, oder sie stehen zu einander in einem irrati len Verhältnisse, sie sind incommensurabel. Der erste Fa an sich klar, im zweiten kann aber gezeigt werden, wie sich auf die bekannte Weise der Grenze des rationalen Ver nisses bis auf eine verschwindende Gröſse nähern kann [1].

1 Auf welche Weise das allgemeine Gesetz des Hebels aus *Principe der virtuellen Geschwindigkeit* abgeleitet werde, ist im

Der hier erläuterten Theorie zu Folge, läſst ſich jede gegebene Laſt durch jede gegebene Kraft in Bewegung ſetzen, wenn man die Hebelarme willkürlich verlängert und verkürzt. So läſst ſich mit einem Pfunde Kraft eine Laſt von tauſend Pfunden ins Gleichgewicht ſetzen, und die geringſte Kraftvermehrung würde dann ſogar eine Bewegung der tauſendmal gröſseren Laſt erzeugen[1]. Das Product der ſenkrecht auf den Hebel wirkenden Kraft in ihre Entfernung vom Ruhepuncte heiſst dann das *ſtatiſche Moment der Kraft.*

Schiefer Zug am Hebel.

Bei den bisherigen Betrachtungen wurden allezeit unter ſich parallele und lothrecht auf die Hebelarme wirkende Kräfte angenommen. Obgleich indeſs dieſes in der Wirklichkeit nicht einmal als Regel gelten kann, ſo laſſen ſich dennoch aus dem hierfür aufgefundenen Geſetze diejenigen ſehr leicht ableiten, welche für den ſchiefen Zug und den Winkelhebel gelten. Auch hierbei iſt die Methode eine gedoppelte. Iſt nämlich das Geſetz des Hebels aus der allgemeinen Theorie der wirkenden Kräfte aufgefunden, ſo daſs das Theorem vom Parallelogramm der Kräfte vorausgeht, ſo begreift daſſelbe nicht bloſs den geraden, ſondern zugleich auch den ſchiefen Zug der Kräfte in ſich; ſtellt man dagegen nach der Methode des Archimedes das Geſetz des Hebels voran, ſo wird der Beweis hierfür der Einfachheit wegen am geradlinigen Hebel mit paralleler Richtung der auf die Hebelarme lothrechten Kräfte geführt, von dieſem die Conſtruction des ſchiefen Zuges abgeleitet, und hieraus der Satz vom Parallelogramm der Kräfte gefolgert.

Eine nähere Betrachtung zeigt bald, daſs die Demonſtration des ſchiefen Zuges der Kräfte am Hebel den Beweis vom Parallelogramm der Kräfte vorausſetzt. Gehler hat ſie auf folgende bekannte Weiſe gegeben. Iſt der Hebelarm c b durch die Kraft b P um den Punct c zu drehen, und man fället das Perpendikel c d, ſo kann man annehmen, es ſey das ganze Dreieck b c d um den Punct c zu drehen, und wenn dieſes durch Fig. 21.

tikel *Geſchwindigkeit* gezeigt, worauf ich daher verweiſe. Die Einwendungen, welche Roberval aus ſeinem *problema ſtaticum* dagegen hernahm ſ. im Art. *Waage.*

1 Vergl. *Rad* u. *Getriebe.*

die Kraft dP geschieht, so ist das Moment der Kraft $= P \times cd$ wie beim gewöhnlichen Zuge am Hebel. Hierbei wird indeſs cb offenbar als die Diagonale des durch bd und dc gegebenen Parallelogramms angesehen, worin bd als auf die feste Unterlage lothrecht drückend, oder mit einer solchen parallel laufend $= 0$ wird, und also cd allein in Rechnung kommt. Wird der angenommene Satz aber einmal zugestanden, so führt die weitere Demonstration Gehler's dann allerdings zum Parallelogramm der Kräfte. Es seyen nämlich an den Hebelarmen ac,
Fig. 22. bc die Kräfte P und P′ angebracht. Man fället auf ihre Richtung die Perpendikel $c\alpha$; $c\beta$; und erhält die Momente der Kraft $P \times c\alpha$ und $P' \times c\beta$, so daſs das Gleichgewicht hergestellt ist, wenn $P : P' = c\beta : c\alpha$, weil $P \times c\alpha = P' \times c\beta$ seyn muſs. Werden dann die Richtungen beider Kräfte verlängert, bis sie sich in i schneiden, und zieht man die Linie ci in den Durchschnittspunct derselben, so giebt diese die Richtung an, in welcher die Unterlage gedrückt wird, und wenn die Linien ai und ci über diesen Durchschnittspunct hinaus verlängert werden, bis eine mit bi parallele sie schneidet, so erhält man das Dreieck die, dessen Seiten id; de; ei sich wie die Kräfte P′; P und der Druck gegen die Unterlage verhalten. Dieses ist der Satz des Simon Stevin[1] vom Gleichgewichte für drei Kräfte, nämlich: wenn ein Körper durch drei Kräfte sollicitirt wird, welche sich wie drei mit ihnen parallele Seiten eines Dreiecks verhalten, so muſs er ruhen. Varignon[2] erhob diesen zn einem allgemeinen Grundsatze der Statik, wozu er aber keineswegs genügende Evidenz hat.

Ungleich besser kann die Construction des schiefen Zuges an den Hebelarmen nach Grunert[3] aus der Aehnlichkeit der
Fig. 23. Dreiecke abgeleitet werden. Es mag daher der Hebel acb durch die parallelen Kräfte P und P′ gezogen werden. Man fälle $\alpha\beta$ auf die Richtung der Kraft P und die rückwärts laufende Verlängerung der Richtung von P′ perpendikulär, so sind die Dreiecke $ac\alpha$ und $bc\beta$ einander ähnlich. Indem aber nach dem Gesetze des Hebels

1 Beghinselen der Weghkonst. Amst. 1596. 4. Aus ihm ist Hutton's und Hamilton's oben erwähnter Beweis des Hebelgesetzes entnommen.

2 Nouvelle Mécanique ou Statique. A Paris 1725. 4.

3 Statik fester Körper. S. 170.

$$P : P' = c\beta : c\alpha$$

und für die ähnlichen Dreiecke

$$c\beta : c\alpha = cb : ca$$

so ist auch $P : P' = cb : ca$

Ist somit also bewiesen, daſs für parallele Richtungen beider Kräfte $P' \times c\beta = P \times c\alpha$ ist, also daſs hierbei die Perpendikel auf die Richtungen der Kräfte oder ihre Verlängerungen als die Längen der Hebelarme gelten können, so läſst sich dieser Satz allgemein leicht auf jede willkürliche schiefe Richtung der Kräfte ausdehnen. Aus diesem Satze läſst sich dann der Hauptsatz vom Parallelogramm der Kräfte ableiten; wie dieses durch Kaestner, Karsten u. a., auf eine elegante Weise namentlich durch J. G. Garnier[1] geschehen ist, hier aber nicht weiter erörtert werden kann. Uebrigens bedarf die Construction des Hebels mit schiefem Zuge der Kräfte nicht allezeit des Fällens der Perpendikel, vielmehr ist allgemein

$$c\alpha : ca = \text{Sin. } caP : r$$

$$c\beta : cb = \text{Sin. } cbP' : r$$

und es wird also aus $P' \times c\beta = P \times c\alpha$ für den Zustand des Gleichgewichts am Hebel

$$P' \times cb \text{ Sin. } cbP' = P \times ca \text{ Sin. } caP.$$

Heiſst also der Winkel, welchen die Richtung der Kraft mit dem Hebelarme bildet, beim einarmigen Hebel φ, bei dem zweiarmigen aber φ und φ', und nennt man die Längen der Arme in gleichem Maſse gemessen L und l, so ist allgemein für den Zustand des Gleichgewichts:

$$P'L \text{ Sin } . \varphi' = Pl \text{ Sin } . \varphi$$

oder man findet das Moment der Kraft am Hebelarme, wenn man das Product der Kraft in die Länge des Hebelarmes mit dem Sinus des Neigungswinkels multiplicirt, welchen die Richtung der Kraft mit dem geraden Hebelarme bildet. Aus diesem Satze folgt, daſs bei paralleler Richtung der Kräfte das Gleichgewicht bei jedem Winkel bleibend erhalten wird.

Hiervon läſst sich leicht eine Anwendung auf den Winkelhebel (*vectis angularis*; Levier brisé) machen. Man versteht hierunter eine unbiegsame Linie, welche aus zwei im Unterstützungspuncte einen Winkel bildenden Linien besteht.

---

1 Leçons de statique cet. par J. G. Garnier. Par. 1811. I Vol. 8. p. 48.

Sind zuerst die wirkenden Kräfte lothrecht auf die Hebelarme
Fig. 24. gerichtet, so kann das aufgestellte Gesetz des Hebels nicht abgeändert werden. Man beschreibe mit dem kürzeren Hebelarme a c um das Centrum c einen Kreis, verlängere b c bis es in d den Kreis schneidet, und lasse auf den Radius c d eine Kraft $\Pi = P$ perpendiculär wirken, so kann die Wirkung von Π der Wirkung von P gleich gesetzt werden, weil die Richtung beider gleichen Kräfte eine Tangente an den Kreis a d f bildet, und somit alle Bedingungen, welche die Umdrehung dieses Kreises um das Centrum c erzeugen, in beiden Fällen völlig gleich sind. Indem aber $\Pi : P' = bc : dc$, so muſs auch $P : P' = bc : ac$ seyn, und es ist also auch beim Winkelhebel das Gleichgewicht hergestellt, wenn $P \times ac = P' \times bc$. Bildet dagegen die Richtung der Kräfte mit den Hebelarmen einen spitzen oder stum-
Fig. 25. pfen Winkel, so kann man, wie oben, entweder die Perpendikel $c\alpha$; $c\beta$ auf die Richtungslinie der Kraft oder ihre Verlängerung fällen, oder man erhält auch hier allgemein

$$\text{aus } P' \times c\beta = P \times c\alpha$$
$$P' \times cb \times \text{Sin. } cbP' = P \times ca \times \text{Sin. } caP$$
$$P' \times cb \text{ Sin. } \varphi' = P \times ca \text{ Sin. } \varphi$$

Ist der Hebel krummlinig, so wird hierdurch nichts abgeändert; denn man darf nur vom Unterstützungspuncte eine gerade Linie bis zum Angriffspuncte der Kraft ziehen, um den krummlinigen Hebel auf den geradlinigen zurückzuführen.

Aus der Formel ergiebt sich, daſs der Factor Sin. φ von 0 bis 1 verschieden seyn kann, je nachdem der Sinus des Neigungswinkels des Hebelarmes mit der Richtung der Kraft von 0° bis 180° wächst. Daſs der Factor nicht gröſser als 1 werden könne, ist an sich klar, denn sonst müſste die Kraft mehr wirken, als ihre Gröſse beträgt. Ist dagegen die Richtung der Kraft von der Art, daſs sie den Hebelarm nicht umzudrehen, sondern in seiner Richtung nach einer oder der entgegengesetzten Seite zu bewegen strebt, also mit demselben einen Winkel von 0° oder 180° macht, so ist Sin. 0° und Sin. 180° = 0, also die Wirkung der Kraft, wie groſs diese letztere an sich seyn mag, = 0. Dieser Satz ist in vielen Fällen der praktischen Anwendung von gröſster Wichtigkeit, und es folgt aus demselben namentlich, daſs ein durch willkürlich groſse Kräfte in der Richtung seiner
Fig. 26. Länge angespanntes Seil, z. B. wenn es über die Rollen a, a geschlungen durch die gröſstmöglichsten Lasten P, P angespannt

würde, nicht gerade gezogen werden kann, sobald es in dem Raume zwischen a, a mit irgend einem, auch nur seinem eigenen Gewichte beschwert ist. Inwiefern dasselbe unter diesen Bedingungen des eigenen Gewichtes u. s. w. die *Kettenlinie* bilde, ist eine bekannte Untersuchung der Geometrie.

Anwendung des Hebels.

Die Untersuchung des mathematischen Hebels wird bloſs der scharfen und bestimmten Construction der Gesetze wegen angestellt, obgleich er übrigens in der Wirklichkeit physisch nicht darstellbar ist, insofern eine unbiegsame und zugleich nicht schwere Linie keine Existenz haben kann. Sobald daher die Theile des Hebels körperlich, also auch schwer sind, nennt man den Hebel einen *physischen*, und es ist leicht, die aufgefundenen Gesetze auf denselben zu übertragen. Zu diesem Ende betrachtet man den Hebel zuerst als einen mathematischen, indem man vom Unterstützungspuncte bis zum Angriffspuncte der Kraft eine geometrische Linie zieht, berechnet hierfür das statische Moment $= L \times p = l \times P$, bestimmt dann den Schwerpunct der Masse des Hebelarms, nimmt das gesammte Gewicht des letzteren hierin vereint an, sucht die Entfernung desselben vom Unterstützungspuncte, addirt das Product jener Masse in diese Entfernung zu dem schon gefundenen Producte der Kraft in die Länge des Hebelarmes, und erhält das statische Moment des Gleichgewichts, wenn beide auf diese Weise gefundene Summen einander gleich sind. Zuweilen ist es der Fall, z. B. bei einem nicht beschwerten Waagebalken, daſs die dem mathematischen Hebel zugehörigen Producte der Kräfte in die Längen der Hebelarme $= 0$ oder gar nicht vorhanden sind. Auf welche Weise ferner der Schwerpunct der Masse, woraus der Hebelarm besteht, allgemein gefunden werde, dieses soll in einem eigenen Artikel[1] gezeigt werden, als leichtes Beispiel diene folgendes. Es bestehe der Hebelarm aus einem Parallelepipedon ab, dessen Gesammtgewicht 12 ℔ betrage, dieses sey in Fig. 27.
, dessen Abstand vom Unterstützungspuncte $= 2$ ist, mit 00 ℔ $=$ P beschwert, die Länge des andern Hebelarmes sey $= 10$, der Schwerpunct des Hebelarmes a falle in α, von b in β, und das Gewicht sey dort $= 2$; hier $= 10$. Es fragt sich, wie

1 S. *Schwerpunct.*

groſs p seyn muſs, damit das statische Moment des Gleich wichts hergestellt werde. Hier hat man $100 \times 2 + 2 \times 1$ $x \times 10 + 5 \times 10$, woraus $x = 15{,}2$ gefunden wird, und so
Fig. 28. die Rechnung $202 = 202$ giebt. Wäre dagegen der einarm Hebel ab in c unterstützt, die Länge $ca = 1$; $ab = 6$; $P =$ und das Gewicht der Stange selbst $= 10$; die Entfernung Schwerpunctes α vom Unterstützungspuncte $= 3$; so wäre $\times 1 + 10 \times 3 = x \times 6$, woraus $x = 55$ gefunden würde, wie man übrigens in den beiden angegebenen Fällen die e unbekannte Kraft finden kann, wenn die übrigen fünf Stü der Gleichung gegeben sind, eben so kann jedes einzelne di letzteren als unbekannt gefunden werden, wenn jenes glei falls bekannt ist. Ist das Verhältniſs der Längen der He arme unbekannt, so läſst sich dasselbe bei gegebenen Gewi ten und bekannter Länge des ganzen Hebels finden. Es nämlich, die letztere $= \lambda$ gesetzt, nach der allgemeinen G chung für den mathematischen Hebel $P\frac{\lambda}{x} = p\frac{\lambda}{\lambda - x}$, wo

$\alpha = \frac{P\lambda}{P + p}$ gefunden wird. Wäre z. B. ein Gewicht von 2 $= P$ mit einem Gewichte von 5 ℔ $= p$ an einer Stange 10 F. $= \lambda$ ins Gleichgewicht zu setzen, und man fragte, das Verhältniſs der Längen beider Hebelarme seyn müsse wäre $x = \frac{P\lambda}{P + p} = \frac{200}{25} = 8$; also $P\frac{\lambda}{x} = p\frac{\lambda}{\lambda - x}$ würde $=$

$\times \frac{10}{8} = 5 \times \frac{10}{2}$ oder $20 \times 1{,}15 = 5 \times 5$ also $25 = 25$.

nämliche Gleichung paſst auch für den Fall, wenn eine g bene Last an einer Stange, das Gewicht der letzteren nicht rechnet, mit ungleichen Kräften gehoben werden soll, z wenn zwei Personen von ungleicher Stärke eine Last an e Stange tragen oder zwei ungleich starke Pferde neben eina an einem Wagen ziehen sollen. Beträgt die gesammte zu tigende Last 100 ℔, soll sie so vertheilt werden, daſs auf einen Theil 80, auf den andern 20 ℔ kommen und ist die L der ganzen Hebelstange $= 10$, so hat man, wie oben, $P =$ $p = 20$; $\lambda = 10$, also $x = \frac{P\lambda}{P + p} = \frac{80 \times 10}{80 + 20} = \frac{800}{100} = 8$,

$P \times \frac{\lambda}{x} = p \times \frac{\lambda}{\lambda - x}$ also $\frac{800}{8} = \frac{200}{2}$. Die Hebelstange

also im Verhältniſs von 8 zu 2 getheilt werden, wobei dann $Pl = pL$ für den Zustand des Gleichgewichts $80 \times 2 = 20 \times 8$ giebt[1].

Hierbei muſs dann aber zugleich berücksichtigt werden, welchen Winkel die Richtungen der Kräfte mit den Hebelarmen bilden. Sind jene Richtungen parallel, z. B. wenn eine groſse und kleine Person eine Last auf einer Stange halten, wenn dieselbe bergauf- oder bergab-wärts getragen wird, wenn die Waage, woran die Pferde ziehen, eine schiefe Richtung erhält u. s. w., so wird das Verhältniſs der anzuwendenden Kräfte nicht geändert. Dieses findet indeſs nur dann statt, wenn der *Schwerpunct* der Last genau auf den angenommenen Punct drückt, z. B. wenn sie an dem Hebel aufgehangen ist; ruhet sie aber auf demselben, und der Hebel erhält eine Neigung gegen den Horizont, so verändert sich die angenommene Abtheilung der Hebelarme. Wäre z. B. die Horizontalebene AB, die Neigung Fig. 29.
des Hebels AC, die Abtheilung seiner Arme Ac und cC, so würde sie statt dessen $= A\gamma$ und γC werden[2].

Aehnliche Aufgaben lieſsen sich noch mehrere mittheilen, allein sie lassen sich auf die angegebene Weise leicht auflösen. Sind dagegen Länge des Hebelarms und Gröſse der Kraft zugleich unbekannt, so erhält man eine unbestimmte Gleichung. Alles das bisher Gesagte paſst zugleich auch auf die Vereinigung mehrerer Hebel mit einander, wovon gleichfalls mehrfache praktische Anwendungen gemacht werden. Wollte man z. B. drei Hebel zusammenfügen, deren Arme das Verhältniſs von $4:1$ Fig. 30.
hätten, so würde $p:P = 1:4^3$ seyn.

Anwendungen des Hebels finden sich in so groſser Menge, daſs es weder möglich noch nützlich ist, sie sämtlich hier namhaft zu machen. Dahin gehören unter andern der *Hebebaum*, die *Heblade*, die *Waage*, der *Schubkarren*, *Spaten*, *Scheren*, *Messer* u. s. w. Bei einigen ist die Anwendung der Hebelgesetze so einfach und leicht, daſs es sich nicht der Mühe lohnt, sie an denselben näher nachzuweisen, die wesentlichsten dahin gehörigen Maschinen aber werden in eigenen Artikeln näher beschrieben. Bloſs der Hebebaum, eine der einfachsten An-

---

1 Vergl. G. G. Schmidt Anfangsgr. der Math. Fr. 1798. 8. Th. II. S. 10.

2 J. Leslie Elements of Nat. Philos. Edinb. 1823. I. 157.

wendungen des Hebels, möge hier kurz erwähnt werden. Dieses ist ein bloſser Baum, welcher von den Handwerkern und sonstigen Arbeitern häufig zum Fortschaffen schwerer Lasten theils als Hebel erster, theils als zweiter Art gebraucht wird.
Fig. 31. Letzteres geschieht am häufigsten, und wird daraus ersichtlich, wenn cb einen Baum vorstellt, welcher in c auf einer festen Unterlage ruhet, in b mit der Hand gehalten wird und nicht weit von seinem Ende die Last A trägt. Als Hebel der ersten Art, oder als zweiarmiger erscheint der Hebebaum, wenn er
Fig. 32. in c ruhet, auf dem Arme ac die zu hebende Last A trägt, und am andern Arm b mit der Hand bewegt wird. Bäume, vermittelst deren groſse Schrauben umgedrehet werden, Stangen, mit deren Hülfe man Walzen umdrehet, welche mit groſsen Lasten beschwert sind, der *Geisfuſs* der Maurer und unzählige andere Werkzeuge, gehören gleichfalls unter diese Classe.

M.

H e b e r.

Sipho; Siphon; *Siphon or Syphon.*

Die Theorie des Hebers wird in der Physik mit den Untersuchungen der Aërostatik verbunden, weil die Wirkung der Heber bei fehlendem Luftdrucke aufhört; indeſs finde ich diese an sich sehr leichte Theorie meistens nicht mit derjenigen Deutlichkeit abgehandelt, deren sie fähig ist. Will man nämlich das Laufen des Hebers unmittelbar auf den Druck der Luft zurückführen, so kann man nicht gut der Einwendung entgehen, daſs der Luftdruck gegen die Flüssigkeit im längeren Schenkel stärker ist, als im kürzeren, weil der Druck der Atmosphäre nach unten wächst, und daſs sonach der Heber umgekehrt flieſsen müſste. Auf folgende Weise scheint mir die Sache klarer zu werden.

Hat man eine communicirende Röhre von beliebiger Form,
Fig. 33. Weite, Krümmung u. s. w. mit irgend einer Flüssigkeit gefüllt, so wird letztere in beiden Schenkeln im Gleichgewichte seyn, wenn die lothrechte Höhe cd in beiden dieselbe ist, und das Niveau aa in beiden wird eine horizontale Ebene bilden. Dieser hydrostatische Fundamentalsatz bedarf hier keines Beweises, noch einer weiteren Erläuterung, sondern kann als ausgemacht angenommen werden. Indem aber das hiernach bestehende

Gleichgewicht eine Folge der Schwere dieser Flüssigkeit ist, so kann es auch weder aufgehoben noch abgeändert werden, wenn Fig. 34. man die Röhre umkehrt, und es muſs also die Säule der Flüssigkeit im Schenkel cb derjenigen im Schenkel ca in der Art das Gleichgewicht halten, daſs keine die andere herabsinken läſst, sobald man voraussetzt, daſs beide durch eine gleiche Kraft in den Schenkeln der Röhre zurückgehalten, und am Herabfallen gehindert werden. Die hierzu erforderliche Kraft ist aber im Drucke der atmosphärischen Luft gegeben, welcher eine Wassersäule von 32 Par. F. Höhe, und von jeder andern eine lothrechte Säule zu heben vermag, deren Länge $= \frac{32}{w}$ Par. F. beträgt, wenn w das specifische Gewicht derselben bezeichnet. Wäre also eine Röhre von der hier angenommenen Gestalt so enge, daſs die Luft nicht neben der enthaltenen Flüssigkeit eindringen könnte, um sich als die leichtere über die schwerere zu erheben, oder wäre es möglich, ein ebenes Niveau der Flüssigkeit in den Schenkeln a und b bleibend zu erhalten, so würde keine von beiden Säulen herabsinken; allein dieses ist fast eben so unmöglich, als eine Kugel auf der Spitze einer Stecknadel zu balanciren.

Sobald das Niveau *αα* aufhört ein horizontales zu seyn, muſs hiernach das Gleichgewicht aufgehoben werden, und die längere, also auch schwerere, Säule wird herabsinken. Es Fig. 35. seyen diesemnach die Höhen ac und bc einander gleich, zu der letzteren Flüssigkeitssäule möge aber noch be hinzukommen, so muſs dieser letztere Theil der Säule herabfallen, weil er nicht durch einen ihn in entgegengesetzter Richtung bewegenden Theil im andern Schenkel des Hebers zurückgehalten wird. Um hiervon die Nothwendigkeit einzusehen, darf man sich den Heber nur, wie anfänglich, als umgekehrt vorstellen, in welchem Falle eb in umgekehrter Richtung herabsinken, und ca heben würde. Bezeichnet also *α* das Niveau der Flüssigkeit in einem Gefäſse, in welche der eine Schenkel des Hebers herabgesenkt ist, e die Oeffnung des andern Schenkels, welcher entweder frei herabhängt oder in ein anderes Gefäſs gesenkt ist, so wird die Flüssigkeit aus der Oeffnung e herabflieſsen, und zwar mit einer Geschwindigkeit, welche dem Unterschiede beider Niveau's, oder der Höhe der Säule cb nach einem gewissen Gesetze proportional ist. Soll dann diese letztere in Folge ihrer

Schwere herabfallen, so müſste sie sich bei b, als bis w
sie im Gleichgewichte gehalten wird, trennen, hier also
luftleerer Raum entstehen, welches aber unmöglich ist,
lange das Gewicht von b e den Gegendruck der Luft nicht ü
steigt, die Höhe also nicht mehr als $\frac{32}{w}$ Par. Fuſs nach der
gen Bestimmung beträgt. Aus dieser Ursache aber wird
herabfallende Säule b e die an sie grenzende mit sich herabzie
und wenn dann die lothrechte Höhe c d geringer ist als $\frac{32}{w}$ I
so daſs in der ganzen Röhre b c a kein Vacuum entstehen k
so wird die Flüssigkeit im Schenkel a c gehoben werden un
Schenkel c e herabflieſsen. Das Gewicht der Säule b e
also, wenn letztere herabfallen soll, zugleich die Flüssigke
der Röhre a c b in Bewegung setzen, und namentlich deren
häsion an die Röhrenwände überwinden, wozu eine nach
Bedingungen verschiedene Kraft erfordert wird. Dürfte
diese letztere vernachlässigen oder als stets gleichbleibend
sehen, so würde die Geschwindigkeit des Herabflieſsens,
somit auch die Menge der ausflieſsenden Flüssigkeit dem Q
schnitte der Heberröhre multiplicirt in die Quadratwurzel
Höhe b e proportional seyn[1].

In dem hier Mitgetheilten, wenn man insbesondere
gleich berücksichtigt, daſs bei communicirenden Röhren
welche die Construction des Hebers zurückgeführt ist,
Weite derselben eben so wenig als auch die verschieden
sten Krümmungen irgend einen Einfluſs auf den gleich h
Wasserstand in beiden ausüben, liegt also die ganze ein
Theorie des Hebers mit den sehr zahlreichen Anwendu
desselben. Die Bedingungen des Flieſsens beim Heber
demnach 1. daſs der denselben bildende Canal überall luf
verschlossen sey, weil sonst die Luft in denselben eindri
als leichtere Flüssigkeit den Raum a c b einnehmen und
ihre Elasticität den Gegendruck der atmosphärischen Luft
die Wassersäulen in den Schenkeln a und e aufheben w
2. daſs die lothrechte Höhe c d nicht mehr betrage als $\frac{32}{w}$
Fuſs und 3. daſs das Niveau der Flüssigkeit in e tiefer lie

1 Vergl. *Hydrodynamik.*

a, weil sonst das Gleichgewicht hergestellt ist, und das
ieſsen aufhört. Dabei muſs, wie sich von selbst ver-
ht, der eine Schenkel, welchem das höhere Niveau der
ssigkeit zugehört, oder es müssen beide Schenkel in die
üssigkeit eingetaucht seyn. Wäre daher z. B. der Heber acb
ein Gefäſs mit Wasser gesenkt, die Weite der Röhre nicht Fig. 36.
ker als etwa 1 bis 2 Lin. angenommen, damit nicht das
asser neben der aufsteigenden Luft herabflieſsen könne, und
e der Wasserspiegel bei a und das Ende der Röhre in einer
rizontalen Ebene, oder ginge die Flüssigkeitssäule nicht wei-
als bis zu diesem Puncte b herab, so müſste derselbe still
hen. Senkte man ihn dann so tief in die Flüssigkeit, daſs b
nach β herabkäme, so würde so viel von der Flüssigkeit
strömen, bis der Flüssigkeitsspiegel und β die horizontale
ne αβ bildeten, und der Heber müſste abermals stillstehen.
be man ihn dann wieder bis soweit in die Höhe, daſs β an
Ort von b käme, ohne die Flüssigkeit im Gefäſse zu ver-
hren, so würde sich die Flüssigkeit in entgegengesetzter
htung von b durch c nach a bewegen, der Heber sich mit
t füllen, und sein Flieſsen überall aufhören.

Der Heber war schon den Alten bekannt, und es ist merk-
ürdig, in wie vielfacher Gestalt Heron von Alexandrien[1] die
wendung desselben gezeigt hat. Indeſs leitete man bekannt-
h diese Erscheinungen nicht vom Luftdrucke ab, sondern
einer anziehenden Kraft des leeren Raumes. Bei der Be-
reibung der wichtigsten Anwendungen des Hebers werde
zugleich anzeigen, welche dann schon beim Heron vor-
mmen.

Im Allgemeinen ist oben bei der Demonstration des Hebers
enommen, daſs derselbe gefüllt seyn müsse, weil sonst das
chgewicht der Flüssigkeitssäulen und das Herabfallen der
n derselben nicht stattfinden kann. Diese Bedingung ist
h in sofern eine nothwendige, als ein Flieſsen der Flüssig-
t für die Wirkungen des Hebers nothwendig möglich seyn
ſs. So lange nämlich der obere Raum bei c mit Luft erfüllt

1 Heronis Alex. Spiritualium Liber, a Federico Commandino Ur-
binate ex Graeco in Latinum conversus. Acced. Jo. Bapt. Aleotti qua-
uor Theoremata Spiritualia, ex Italico in Lat. conversa. Amst. 1680.
. Graece Paris 1593. Fol. Inter Vett. Mathemat. opera. graece
et lat.

ist, kann kein Flieſsen des Hebers stattfinden, obgleich die An- weſenheit eines nicht über die erforderliche Grenze groſsen, m Luft erfüllten, Raumes dieses keineswegs unmöglich mach
Fig. 37. Wäre z. B. der Raum g e mit Luft gefüllt, und die lothrecht Höhe der Säule e b gröſser als die von a f, so könnten beide we der im Gleichgewichte bleiben, noch auch könnte die Flüssig keitssäule a f die längere e b nach sich ziehen, und ein Zurück flieſsen des Hebers bewirken, so daſs derselbe also nothwendi bei b ausflieſsen muſs. In diesem häufig vorkommenden Fall wird bei einer nicht zu weiten, und bei b einen hinlänglichen Ausfluſs gewährenden Röhre die Säule e b herabflieſsen, di Flüssigkeit in g c f a nach sich ziehen, bis die Grenze bei g un- terhalb e herabsinkt, und dann der Heber auf die gewöhnlich Weise zu flieſsen fortfährt. Ist dagegen die Röhre etwas wei- ter, die Ausfluſsöffnung bei b aber enger, so wird von g herab bis e ein Herabflieſsen an den Wandungen der Röhre stattfinden, welches gerade hinreicht, um den Ausfluſs bei b zu ersetzen, und die Luft wird sich fortdauernd im Raume g e erhalten. Sie hat nicht völlig die Dichtigkeit der atmosphärischen Luft, son- dern wenn die letztere = d, ihre eigene Dichtigkeit = d', und die Länge der Säule e b = l in Par. Fuſsen ausgedrückt heiſst, so ist $d' = d\,(1 - \frac{lw}{32})$.

Das Füllen der Heber geschieht in den bei weitem meisten Fällen durch Sauger, indem man die Luft aus dem Ende des Schenkels b durch Saugen mit dem Munde wegnimmt, bis die in demselben befindliche Flüssigkeitssäule länger ist, als die im andern Schenkel und der Heber von selbst flieſst. Man kann durch Saugen fast ein vollständiges Vacuum hervorbringen, und hiernach kann kein Heber so hoch seyn, daſs man nicht im Stande wäre, ihn auf diese Weise zu füllen. Indeſs könnte der Fall kommen, daſs man bei der Einsenkung beider Schen- kel in die Flüssigkeit, oder wenn das Ende b der Röhre mit dem Munde nicht erreichbar wäre, den Heber zu füllen wünsch- te, und dann wäre es einfach, die Luft an der oberen Biegung
Fig. 38. durch Saugen an der Röhre c wegzunehmen, den Hahn hernach zu schlieſsen, und auf diese Weise das Flieſsen des Hebers zu bewirken, eine Einrichtung, welche zwar vorgeschlagen, aber nicht sehr gebräuchlich ist. Auch an den Schenkeln a und b können Hahnen angebracht, und diese verschlossen werden.

Ist dann der Heber durch c gefüllt und mit den Schenkeln in die Flüssigkeiten getaucht, so wird er nach dem Oeffnen der unteren und dem Verschlieſsen des oberen Hahns zu flieſsen anfangen. Man hat indeſs wohl an kleineren Hebern diese Einrichtung, daſs man oben ein Rohr zum Aussaugen der Luft anbringt, dieses dann nach dem Saugen mit dem Finger verschlieſst, oder so lange zwischen den Lippen hält, bis das Flieſsen des Hebers beendigt ist. Dieses geschieht in denjenigen Fällen, wenn man Flüssigkeiten, welche ekelhaft, oder den Theilen des Mundes durch ihre Berührung gefährlich sind, über einem lockeren Bodensatze wegnehmen will, damit letzterer nicht durch eine Bewegung des Gefäſses wieder mit der geklärten Flüssigkeit gemengt werde. Man bringt dann meistens an den unteren Theil des längeren Schenkels b die aufwärts gebogene Röhre b d an, senkt den kürzeren in die Flüssigkeit, verschlieſst die Mündung des längeren bei b mit dem Finger, saugt an d, bis b c sich mit der Flüssigkeit gefüllt hat, worauf dann der Heber weiter flieſsen wird. Ein solcher Heber heiſst ein *doppelter* (siphon double ou de laboratoire), bei einigen Schriftstellern auch ein *pharmaceutischer*. Sonst kann man den Heber auch als eine communicirende Röhre umkehren, anfüllen, die beiden Schenkelöffnungen mit den Fingern verschlieſsen, abermals in seine gehörige Lage umkehren, und den einen oder beide Schenkel unter die Flüssigkeit getaucht öffnen, worauf er zu flieſsen anfangen wird. Fig. 39.

Eine sinnreiche Methode zur leichten Füllung des Hebers ist folgende durch Bunten angegeben[1]. Man bläst den längeren Schenkel an einer Stelle nicht weit unter der Biegung zu einer Kugel g auf, füllt diese und einen Theil des Schenkels mit der Flüssigkeit, kehrt den Heber um, und senkt den kürzeren Schenkel in das erfüllte Gefäſs, so wird die herabflieſsende gröſsere Menge der Flüssigkeit in der Kugel den längeren Heberarm füllen, und das Flieſsen bewirken, während sie selbst sich ohne Nachtheil mit Luft füllt. Ein anderer, nicht minder sinnreicher Vorschlag ist durch Hempel[2] gemacht. Um den Heber zu füllen, wird der kürzere Schenkel a in die ge- Fig. 40. Fig. 41.

1 Journal de Pharmacie 1824. Avril. p. 189. Daraus in Edinb. Journ. of Science. Nr. 11. p. 343.

2 Ebend.

krümmte Röhre g gesteckt, und dann in die Flüssigkeit her gesenkt. Man gieſst hierauf Flüssigkeit in den Trichter d, sich auch der längere Schenkel gefüllt hat, zieht dann Ende a des kürzeren Schenkels aus der Röhre g, und der He wird zu flieſsen fortfahren. Der Construction des doppelten I bers ähnlich ist eine durch Baumgartner[1] angegebene. Fig. 42. längere Schenkel des Hebers a c b wird bei b wieder umgebog und die lange Röhre b g endigt oben in einen Trichter, in Biegung bei b aber befindet sich ein kleines Loch. Letzt wird mit dem Finger verschlossen, und in g Flüssigkeit geg sen, bis diese bis an c hinaufsteigt, dann wird das Löchelc bei b geöffnet, und der Heber fängt an zu flieſsen. Sind Flüssigkeiten, welche man mit einem Heber aus einem Gef in ein anderes überführen will, von der Art, daſs sie du eine geringe Bewegung nicht getrübt werden, so kann dem nen Schenkel unten ein Ventil gegeben werden, und man hält den sogenannten Ventilheber (siphon à soupape), weniger bekannte Vorrichtung, welche aber noch obendi den Vortheil gewährt, daſs ein zufälliges Erheben des länge Schenkels die Flüssigkeit nicht sogleich rückwärts flieſsen ma jedoch muſs auch die Strömung im Heber stark genug se um das Ventil stets offen zu erhalten. Die einfache Vorri tung hat groſse Aehnlichkeit mit der *Mayer'schen Röhre*[2]. Fig. 43. Heber a c b ist auf die gewöhnliche Art gebogen, am kürz Schenkel a aber mit einem kleinen Gefäſse versehen, auf des Boden sich ein gewöhnliches Klappenventil befindet, welc sehr leicht beweglich seyn muſs. Wird dieses Ende unter Niveau der Flüssigkeit $\alpha\alpha$ getaucht, so füllt sich dasselbe einem Theile der Flüssigkeit, und wird dann der Heber sto weise auf und nieder bewegt, so hebt sich die Flüssigkeit st mehr in diesem Schenkel, indem das Ventil kein Zurückflieſ gestattet, steigt über den höchsten Punct der Krümmung b hinaus, und mit Hülfe einiger Neigung fängt der Heber an flieſsen[3].

Endlich kann man mit einiger leicht zu erlangenden F tigkeit einen Heber auch durch schnelles Einblasen der I

1 Zeitschrift für Physik und Mathematik. Wien 1826. 1. 70.
2 S. Th. I. S. 266.
3 Encyclop. méthod. T. IV. p. 584.

üllen. Der gewöhnliche Heber acb ist von a nach d wieder ufwärts gebogen. Unten bei a befindet sich ein kleines Loch, lurch welches sich die beiden Schenkel bei a mit der Flüssig-eit bis zum Niveau derselben füllen. Bläſst man hernach in d, o wird die Säule der Flüssigkeit $\alpha a \alpha$ durch das Löchelchen ücht so schnell entweichen können, vielmehr über c hinausge-rieben werden, und den Heber zum Flieſsen bringen, wenn ie hierzu lang genug ist[1]. Fig. 44.

Die Geschwindigkeit des Flieſsens beim Heber, und die-semnach auch die Menge der Flüssigkeit, welche er liefert, nimmt ab, je mehr sich das Niveau in beiden Schenkeln dem horizontalen nähert, und wird = 0, wenn Letzteres wirklich ingetreten ist. Es läſst sich indeſs auch ein in vielen Fällen nit Nutzen anwendbarer Hebel construiren, welcher einen stets gleichmäſsigen Abfluſs giebt. Zu diesem Ende läſst man auf ler Oberfläche der Flüssigkeit $\alpha\alpha$ den hohlen Kranz BB schwim-men, steckt durch eine Oeffnung in demselben den einen Schenkel a des Hebers, während der andere über den Rand des Gefäſses hinausragt. So wie dann das Niveau der Flüssigkeit sinkt, wird auch der Kranz hinabsinken, und auf diese Weise der Unterschied des Niveau's in beiden Schenkeln, also auch die Geschwindigkeit des Abflieſsens unverändert erhalten werden. Fig. 45.

Da der Heber um so schneller flieſst, je tiefer der längere Schenkel unter Niveau der Flüssigkeit im Gefäſse herabgeht, so läſst sich der hierdurch bewirkte Fall der Flüssigkeit zum Stei-gen derselben wieder benutzen, und man erhält den sogenann-ten *Springheber*. Bei demselben ist nichts weiter erforderlich, als das untere Ende der Röhre wieder aufwärts zu biegen und in eine Spitze auszuziehen, worauf dann der aufspringende Was-serstrahl be sich zwar nicht bis zum Niveau des Wassers im Ge-fäſse erheben kann, wohl aber um so weniger unter dieser Höhe bleiben wird, je geeigneter das Verhältniſs der Oeffnung bei b, die Weite der Röhre und die übrigen Bedingungen zur Erzeu-gung einer möglichst hohen Sprunghöhe sind. Ist das Ende b mit einer kreisförmigen Scheibe oder einem Ringe versehen, worin sich eine Menge kleiner Löcher befinden, so erhält man Fig. 46. Fig. 47.

---

1 G. G. Schmidt Hand- und Lehrbuch d. Physik. Gieſsen 1826. S. 209. Vergl. Lowitz Sammlung der Versuche, wodurch sich die Eigenschaften der Luft begreiflich machen lassen. Nürnb. 1754. 4.

den sogenannten *Sonnenheber* (siphon à soleil), eine bl Spielerei, welche keiner weiteren Erläuterung bedarf. Sons Spielereien mit Hebern findet man bei WOLF[1], LEHMANN[2] in Menge schon beim HERON von Alexandrien.

Nicht ganz überflüssig für die Theorie ist der unterbroch Heber *(sipho interruptus)* und zugleich ist dieser als Spiel interessant, wenn man ihn mit einer Röhre verbindet, um nen aufspringenden Wasserstrahl zu erhalten, (siphon à d' eau dans le vide). Unter den verschiedenen Arten
Fig. 48. Construction scheint mir folgende die beste zu seyn. Der serne Cylinder AB, welcher am besten bei A mit einem ſse versehen wird, um ihn darauf zu stellen, hat unten messingne Fassung $\gamma\gamma$, welche in der Mitte durchbohrt ist, das eingeschrobene, bei e in eine Spitze zulaufende Roh aufzunehmen. Ehe dieses eingeschroben wird, muſs zuvor zweite, ungleich längere, und bei d gebogene, Rohr d b gle falls eingeschraubt seyn, indem dieses Einschrauben der u holſenen Länge wegen auf allen Fall besser ist, als das Fes then desselben. Ist das Rohr d b fest, so gieſst man durch Oeffnung des herausgenommenen Rohrs a e etwa ein geme Trinkglas voll Wasser in den Cylinder, schraubt das Roh ein, kehrt den Heber um, so daſs das Rohr a e in das Wa gefäſs D gesenkt ist, das Wasser im Cylinder flieſst durch Rohr d b herab, und der Heber fängt an zu springen, di aber dauert so lange, als der Verlust des durch das Rohr abflieſsenden Wassers durch das aus der Oeffnung e spring wieder ersetzt wird. Die Erscheinung ist übrigens ganz fach durch die Länge des Schenkels d b bedingt. Denkt sich nämlich die Springröhre e bis an das Ende des Cy ders verlängert, dort wieder umgebogen, und bis in die O nung des andern Schenkels d b zurückgeführt, so würden Wassersäulen in beiden Schenkeln über dem Niveau *aa* das Gleichgewicht halten, die in dem Ende des langen Sch kels unter *α* bis b befindliche aber durch die ihrer Höhe portionale Fallgeschwindigkeit eine dieser letzteren gleich proportionale Geschwindigkeit des Flieſsens des Wassers in je

---

1 Elementa Matheseos. Hydraul. §. 79. SO.

2 Dissert. de Siphonibus. Lips. 1710. 4.

oberen Theilen der Schenkel erzeugen, und werden dann diese weggenommen, so muſs das Wasser aus e zu einer dieser Geschwindigkeit proportionalen Höhe springen, welche durch die etwas verminderte Dichtigkeit der Luft im Cylinder und den hiernach etwas geringeren Widerstand derselben gegen den Wasserstrahl noch um eine Kleinigkeit vermehrt werden wird.

Eine minder interessante Spielerei mit dem Hebel ist die sogenannte *fraterna caritas.* Aus einer hohlen gläsernen Ku- Fig. 49.
gel oder einem anders gestalteten Raume A laufen 2 oder 3 oder mehrere gläserne, etwa zwei Lin. weite und oben gebogene Röhren aus, gehen dann unten lothrecht herab, und werden in eben so viele Gefäſse mit Wasser gesenkt, nachdem vorher der Apparat umgekehrt, und mit Wasser angefüllt ist, wobei letzteres aus dem Raume A herabflieſsend die Schenkel a, b, c, d, ... so lange voll erhält, bis man ihre Mündungen in die einzelnen vorher mit Wasser gefüllten Gefäſse hinabgesenkt hat. Wäre es der Mühe werth, so könnte man den Apparat bequemer einrichten, den gemeinschaftlichen Verbindungsraum aller Schenkel A oben mit einer geeigneten Fassung versehen und durch einen Hahn verschlieſsen, um die Luft in demselben durch Saugen mit dem Munde oder einer kleinen Pumpe luftleer zu machen. Indem aber jedes einzelne harabgehende Rohr mit einem jeden der andern einen Heber bildet, so wird das Niveau in allen Gefäſsen in der nämlichen horizontalen Ebene liegen, und dieses gleiche Niveau wird auch sofort wieder hergestellt werden, wenn man dem einen der Gefäſse etwas zusetzt oder aus demselben wegnimmt, und von dieser stets gleichmäſsigen Vertheilung hat der Apparat seinen Namen erhalten.

Eine der belehrendsten Modificationen des Hebers ist die sich selbst füllende, und wieder entleerende, schon dem Heron bekannte, *diabetes*, welcher unter den vielfachsten Gestalten dargestellt werden kann, und meistens als ein versteckter Heber eingerichtet wird. In das bodenlose gläserne Gefäſs A Fig.
wird unten ein Kork e e gekittet, welcher durchbohrt ist, und 50
eine durch diese Oeffnung gehende, heberförmig gebogene Röhre a c b trägt. Das Gefäſs läſst sich dann bis nahe unter das Niveau $\alpha\alpha$ mit Wasser füllen, ohne daſs der Heber zu flieſsen anfängt; hat dasselbe aber jene Grenze erreicht, und ist es zugleich in dem kürzeren Schenkel a c aufgestiegen, so wird es sogleich bei c in den längeren Schenkel herabflieſsen, und

dann das ganze Gefäſs durch den Heber ausgeleert werden. Man nennt daher einen solchen Apparat auch einen *Vexirbecher* oder *künstlichen Tantalus*, Letzteres aus einer kaum aufzufindenden Aehnlichkeit mit der Fabel vom Phrygischen König Tantalus, welcher der Sage nach in der Unterwelt bis an den Hals im Wasser stehend beständig an Durst litt, weil das Wasser augenblicklich zurückwich, wenn er sich demselben, um zu trinken, näherte. Man wählt in diesem Falle auch wohl die Gestalt eines wirklichen Bechers A, dessen Handgriff acb den versteckten Heber bildet. Es läſst sich an diesem Apparate zugleich zeigen, daſs die beiden Schenkel des Hebers einander nicht bloſs nahe kommen, sondern selbst in einander liegen können. Hiernach senkt man durch den Kork ee im bodenlosen Glase A die Röhre bc herab, stürzt über diese an beiden Enden offene die weitere ca, welche oben verschlossen ist, und mit ihrem unteren Rande bei a auf der Fläche des Korkes nicht genau schlieſsend stehen darf. Wird dann das Gefäſs mit Wasser bis an die Grenze *aa* angefüllt, und steigt dieses bis in die Wölbung bei c auf, so fällt es durch die Röhre b herab, und es bildet sich ein Heber, welcher so lange flieſst, bis das Gefäſs völlig leer ist. Alle die verschiedenen Abänderungen einzeln anzugeben, in denen dieser Heber dargestellt werden kann, z. B. als Waschgefäſs mit darin stehender Kanne, als Badewanne mit einer darin sitzenden Figur u. s. w. wäre überflüssig, wohl aber verdient bemerkt zu werden, daſs nach dieser Art geformte Canäle in unterirdischen Höhlen befindlich eine Erklärung der intermittirenden Brunnen und periodischen Quellen geben[1].

Fig. 51.

Fig. 52.

Die Theorie des Hebers ist so einfach und wohl begründet, daſs nicht füglich Einwürfe dagegen gemacht werden, oder damit im Widerspruch stehende Erscheinungen vorkommen können. So wie aber Roberval in seinem *problema staticum* einen mit dem Gesetze des Hebels im Widerspruche stehenden Apparat aufgefunden zu haben vorgab, zeigte auch gegen das Ende des 17. Jahrhunderts Joh. Jordan, ein Einwohner in Stuttgard auf eine geheimniſsvolle Weise an, daſs er einen Heber construirt habe, aus dessen beiden gleich langen Schenkeln und bei gleichem Niveau der Flüssigkeit das Wasser aus jedem Schenkel beliebig abflieſse. Der Herzog Friedrich Carl von

1 S. *Quellen.*

Würtenberg lieſs den Apparat nach dessen Angabe verfertigen, so daſs die Schenkel eine Länge, jeder von 20 Fuſs und einen Abstand von 18 F. hatten, SALOMON REISEL aber, der herzogliche Leibarzt, gab 1684 die erste unverständliche Nachricht von demselben. Bald nachher zeigte DIONYSIUS PAPINUS[1], daſs die ganze Sache nichts von den gewöhnlichen Erscheinungen des Heber's Abweichendes habe, und REISEL[2] gestand nachher selbst, daſs der von jenem beschriebene Heber mit dem von ihm selbst angedeuteten dem Wesen nach identisch sey. Seitdem heiſst dieser Heber der *Reisel'sche* oder *Würtemberg'sche*, Fig. 53.
und ist von folgender Construction. Die zweimal gebogene mit gleich langen Schenkeln herabgehende Röhre ab bildet einen gemeinen Heber, dessen beide umgebogene Schenkel in die Gefäſse A und A′ münden. Werden die Mündungen a und b verschlossen, bis durch e soviel Wasser eingegossen ist, daſs die Schenkel ganz damit gefüllt sind, so wird die Oeffnung e vermittelst eines Korkes luftdicht verschlossen, in eins der Gefäſse A oder A′ aber Wasser gegossen, bis in beiden das gleiche horizontale Niveau $\alpha\alpha$ hergestellt ist. Oeffnet man demnächst einen von den Hahnen δ oder δ', so wird aus jedem geöffneten oder auch aus beiden zugleich das Wasser ausflieſsen, wenn beide gleichzeitig geöffnet werden. Dieses ist indeſs ganz natürlich und nothwendig, da das Niveau jedes der Hahnen niedriger liegt als der Wasserspiegel $\alpha\alpha$, so daſs also das Wasser aus jedem ausflieſsen muſs, wenn beide geöffnet sind, und findet bloſs aus einem ein Abfluſs statt, so stellt sich das Niveau $\alpha\alpha$ wieder her, wie dieses aus der Natur des Hebers nothwendig folgt[3]. Der Heber läſst sich auf eine dem Würtemberg'schen Fig. 54.
nahe kommende Art herstellen, so daſs sich bloſs am einen Schenkel a ein Gefäſs A befindet, welches höher ist als die obere Biegung des Hebers. Wird dann das Gefäſs bis an das Niveau $\alpha\alpha$ mit Wasser angefüllt, so strömt es bei c in den andern Schenkel über, der Heber fängt an zu flieſsen, bis das Wasser die Mündung a erreicht hat, und steht dann still.

Aus der Theorie des Hebers folgt ferner, daſs derselbe im

1 Phil. Trans. 1685. XIII. N. 167.

2 Sipho Wirtembergicus per maiora experimenta firmatus. Stuttgard. 1690. 4.

3 Vergl. MUSSCHENBROEK Introd. §. 2098.

luftleeren Raume nicht fließen kann, weil darin die Waſſerſäulen im Heber nicht durch den Luftdruck gehoben werden. Bei der mangelhaften Beſchaffenheit der ehemaligen Luftpumpen iſt es leicht begreiflich, daſs dieſer Verſuch, den Heber im Guerick'ſchen Vacuo zum Stillſtehen zu bringen, ſcheitern muſste, aber es beweiſet zugleich, wie wenig die Gelehrten damals in der phyſikaliſchen Theorie deſſelben feſt waren, daſs ſie ſich durch die Schwierigkeit des Experimentes in der Feſthaltung derſelben wankend machen lieſsen. Auch Wolf[1] geſteht, daſs ihm der Verſuch nicht gelungen ſey, den Heber unter der Luftpumpe zum Stillſtehen zu bringen. Einige lieſsen ſich hierdurch verleiten, die richtige Erklärung des Hebers aufzugeben, und das Flieſsen deſſelben aus einem Zuſammenhange des vorangehenden Waſſers mit dem nachfolgenden abzuleiten, welches nach Kaestner's Bemerkung[2] Stricke aus Sand drehen heiſst. Inzwiſchen hatte ſchon Homberg[3] genügend nachgewieſen, warum der Heber in einem nicht vollſtändigen Vacuo zu flieſsen fortfahren müſſe, indem er zeigte, daſs der ganze Luftdruck 32 F. Waſſer zu heben vermöge, mithin bei einer hundertfachen Verdünnung noch immer ein Heber von $\frac{32}{100}$ F. oder beinahe 4 Z. zu flieſsen fortfahren müſſe. Auf eine einfache Weiſe kann auch gezeigt werden, daſs bei dem Verhältniſs des ſpecif. Gewichtes von Waſſer und Queckſilber = 1 : 13,597 oder = 1 : 13,6 durch den Druck der verdünnten Luft eine 13,6 mal ſo hohe Waſſerſäule gehoben wird, als die Höhe der Queckſilberſäule beträgt, welche der Elaſticität der noch übrig bleibenden Luft proportional iſt. Wenn alſo der Unterſchied der Queckſilberhöhen in beiden Barometern der Luftpumpe 0,5 Zoll beträgt, ſo können die Schenkel des Hebers im Guerick'ſchen Vacuo 6,8 Z. lang ſeyn, ohne daſs derſelbe ſtillſteht. Indem aber die ſchlechte Conſtruction noch vorhandener Luftpumpen aus jenen Zeiten, als Kaestner ſich darüber ereiferte, daſs man feſt begründete Schlüſſe den Reſultaten mangelhafter Verſuche aufopfern wolle, genugſam beweiſet, daſs ſie kein vollſtändigeres Vacuum zu erzeugen vermochten, als welches der angegebenen Differenz der Queckſilberhöhen zugehört, ſo er-

1 Nützliche Verſuche Th. III. Cap. 9. §. 123.

2 Anmerkungen über die Markſcheidekunſt. Gött. 1775. 8. Vorr.

3 Mém. de Par. 1714. p. 84.

ſich hieraus klar, daſs das Waſser in den kurzen, eine von 6 Z. kaum erreichenden Schenkeln ihrer Heber kein rbarometer bilden, folglich auch der Heber zu flieſsen aufhören konnte. Tetens[1], nach ihm Gehler u. a. finden ine Urſache des Miſslingens dieſes Experimentes in den en des Waſsers und in der aus demſelben aufſteigenden allein letztere kann durch längeres Exantliren weggeſchafft ı, und erſtere entwickeln ſich auch von gleicher Elaſtici- len Schenkeln des Hebers ſelbſt, wodurch die Wirkung er der Campane befindlichen aufgehoben wird, ſo daſs Temperatur des angewandten Waſsers auf das Gelingen rsuchs keinen Einfluſs hat. Weil das Experiment, den m Vacuo zum Stillſtehen zu bringen, dieſemnach an ſich ig iſt, ſo ſchlägt Parrot[2] vor, das Gefäſs A, worin ſich Fig. 55. er befindet, mit einem Deckel zu verſehen, welcher der nen andern Zutritt geſtattet, als durch die Oeffnung e. eſe daher mit einem Korke verſchloſsen, ſo erhält die n Waſserſpiegel *aa* befindliche Luft eine Verdünnung, ler Unterſchied ihrer Dichtigkeit gegen die der äuſsern äriſchen Luft einer Waſserſäule von der Höhe *a* b zuge- d der Heber wird alſo zu flieſsen aufhören. Man kann Oeffnung e wiederholt öffnen und ſchlieſsen, um den n Erfolg mehrmals zu zeigen. Soll dieſer, für die des Hebers allerdings ſinnreiche, Apparat den für das n des Hebers im Vacuo nicht erſetzen, ſo läſst ſich auf folgende Weiſe bequem conſtruiren. Auf dem Tel- uftpumpe, unter der Campane A befindet ſich ein et- Fig. 56. s 16 Z. hohes Cylinderglas in den meſsingnen Ring i i rückt, welcher auf dem Boden des meſsingenen cylin- Gefäſses d d feſtgelöthet iſt. Der Inhalt des Glaſes C Gefäſses d d müſsen einander mit einem kleinen Ueber- es letzteren gleich ſeyn, damit das Waſser nicht über des Gefäſses ſteigt. Das Glas hat oben eine metallene on etwa 1 Z. Höhe, durch welche der gläſerne Heber eckt und in der Oeffnung dann verkittet iſt. Der ſo tete Apparat wird auf den Teller der Luftpumpe ge-

—

causa fluxus ſiphonis bicruralis in vacuo continuati. Butzov.

ndriſs der theoretiſchen Phyſik. I. 373.

stellt, das Glas C mit Waſser gefüllt, die Campane darüber gestürzt, mit dem Deckel gh oben geschloſsen, durch welchen in einer Lederbüchse ein Draht k herabgeht, um einen Kork oder ein Stück Holz n zu tragen. Ist dann das erforderliche Vacuum hergestellt, so drückt man den Kork n in das Waſser des Glases hinab, der Heber läuft über und fängt an zu flieſsen, bis er still steht, wenn das Niveau $\alpha\alpha$ so weit gesunken ist, daſs die Waſsersäulen in den Schenkeln desselben von α bis c gröſsere Höhen erreicht haben, als welche dem Drucke der unter der Campane noch befindlichen Luft zugehören. Läſst man eine geringe Quantität Luft unter die Campane, so fängt er abermals an zu flieſsen, bis er wieder still steht, und beide Schenkel bilden zwei in ein gemeinschaftliches Vacuum übergehende ganz eigentliche abgekürzte Waſserbarometer, in welcher Hinsicht diese Construction vorzüglich belehrend ist.

Praktische Anwendungen des Hebers im Maschinenwesen hat man kaum einige zu machen versucht. Schon ehe die richtige Theorie desselben bekannt war, schlug Johann Baptista Porta[1] vor, das Waſser vermittelst eines Hebers über Berge zu leiten. Es sollen zu diesem Ende beide Schenkel mit Hahnen verschloſsen seyn, oben an der höchsten Stelle wird ein Rohr zum Füllen angebracht, dieses nachher durch einen Hahn oder auf sonstige Weise luftdicht verschloſsen, und wenn dann beide Hahnen an den Enden geöffnet sind, so wird der Heber zu flieſsen beginnen. Schwenter[2] wiederholt Porta's Vorschlag mit dem Zusatze, der schwerere Theil nöthige das Leichtere, daſs es in die Höhe steigen müſse. Beiden war noch unbekannt, daſs die Höhe, über welche man das Waſser durch den Heber zu leiten vermag, 32 Par. Fuſs nicht erreichen darf, aus welcher Bedingung leicht erklärlich ist, warum der Vorschlag keine Anwendung gefunden hat, jedoch führte ein gewiſser Büchner[3] denselben wirklich aus.

Leupold[4] beschreibt eine Maschine, durch welche vermittelst des Hebers das Waſser wirklich in die Höhe gefördert

---

1 Pneumaticorum Libri III. Neap. 1601. 4. L. III. c. 1.

2 Mathemat. Erquickungsstunden. Nürnb. 1651. XV T. 4. XII Aufg. 2.

3 Breslauische Sammlungen. 1720. Jan. Cl. V.

4 Theatr. mach. Hydraul. T. I. §. 12.

werden kann, obgleich dieses den Wirkungen des Hebers, unmittelbar betrachtet, widerstreitet. Die Steigröhre CE steht in Fig. 57.
dem offenen, mit Wasser gefüllten Gefäſse AB, und ist oben in das luftdichte Gefäſs FG hinein geleitet. Dem ersteren Gefäſse AB gegenüber wird ein anderes, gleichfalls mit Wasser gefülltes Gefäſs KL angebracht, welches mit dem Gefäſse FG durch die Röhre HI verbunden, übrigens aber gegen das Eindringen der äuſseren Luft sorgfältig verwahrt ist. Am Boden desselben ist die mit dem Hahne O versehene Röhre MN angebracht, welche tiefer herabgehen muſs, als die untere Oeffnung der Steigröhre C. Wird der Hahn O geöffnet, so läuft das Wasser aus dem Gefäſse KL durch die Röhre MN ab, welche bei gröſserer Weite in ein Behältniſs mit Wasser münden muſs, um das Aufsteigen der Luft neben dem herabflieſsenden Wasser zu verhüten, die Luft in HI, FG und EC breitet sich in den Raum des vom Wasser entleerten Gefäſses KL aus, wird verdünnter, und der Druck der äuſseren Luft treibt das Wasser aus dem Gefäſse AB durch das Rohr CE in das Gefäſs FG. Wenn der Behälter AB einen beständigen Zufluſs hat, so kann man zwischen AB und KL eine Verbindung durch eine Röhre mit dem Hahne P machen, und zugleich an FG eine Ablaufröhre mit dem Hahne Q anbringen. Wird dann P und Q geöffnet, O aber verschlossen, so füllt sich KL mit Wasser, die Luft entweicht durch HI aus Q, bis KL gefüllt ist, dann wird P und Q verschlossen, O dagegen geöffnet, und das Wasser steigt durch CE in das Gefäſs FG. Dieses Verfahren läſst sich wiederholen, und da bei dem zweiten Oeffnen der Hahnen P und Q nach dem Verschlieſsen von O Wasser statt Luft aus dem Hahne Q flieſst, so wird demnächst jedesmal das Wasser von A bis Q gehoben, und wenn das bis dahin gehobene Wasser zu einer zweiten ähnlichen Vorrichtung benutzt wird, so kann man hiernach durch Verbindung mehrerer solcher Vorrichtungen das Wasser zu beliebigen Höhen fördern. Die Steigröhre CE muſs indeſs viel unter 32 F. hoch seyn, da das Gefäſs FG nie luftleer wird. Wird z. B. die Luft in CE, FG und HI durch das Auslaufen des Wassers aus KL bis zur Hälfte verdünnt, für welchen Fall der Cubikinhalt der Röhren CE und HI, nebst dem des Gefäſses FG dem des Behälters KL gleich seyn muſs, so wird die Luft zur Hälfte der atmosphärischen Dichtigkeit verdünnt, und die Länge von CE darf 16 F. nicht übersteigen.

Nach Leupold soll daher der Cubik-Inhalt von KL doppelt so groſs als von FG seyn. Um diese Maschine im Groſsen anzuwenden ist eine Vorrichtung zum Oeffnen und Verschlieſsen der Hähne erforderlich. Schott[1] beschreibt eine solche Maschine, durch welche Jeremias Mitz, ein Einwohner in Basel das Wasser in seinem Hause in einen erhabenen Behälter leitet. Leupold giebt eine ähnliche Einrichtung an, welche sich von dieser bloſs durch den Mechanismus zur Oeffnung der Hähne unterscheidet, auch zeigt er, eben wie Wolf[2], auf welche Weise mehrere solche unterbrochene Heber zu verbinden sind, um das Wasser auf gröſsere Höhen zu leiten, am vollständigsten und gründlichsten aber handelt Borgnis[3] über die Anwendung des Hebers zu hydraulischen Maschinen, obgleich die Natur desselben nur einen für wenige Zwecke anwendbaren Gebrauch gestattet. Auf eine sinnreiche Weise hat endlich auch Mannoury-Dectot den unterbrochenen Heber mit einer Art von Heronsbrunnen verbunden, zur Förderung des Wassers in die Höhe benutzt, aber gleichfalls mit einem bedeutenden Verluste von Wasser[4].

Am häufigsten würde der Heber bei den vielartigen chemischen und pharmaceutischen Operationen in Anwendung kommen, auch wird er dabei nicht eben selten gebraucht, allein immerhin viel seltener als der Fall seyn würde, wenn er nicht in sehr vielen Fällen durch die ungleich bequemeren Saugröhren oder sogenannten *Pipetten*[5] ersetzt würde. Solche für das Filtriren, Decantiren u. s. w. bestimmte Heber werden in ihrer Construction durch die Art des Aufgehängtseyns, durch die nicht allgemein paſsliche Gröſse u. s. w. leicht etwas unbequem im Gebrauche, so daſs der Chemiker oft mit einem einfachen Stechheber seinen Zweck in kürzerer Zeit erreicht, als nur zur Herstellung des Heberapparats erforderlich seyn würde. Es scheint mir daher auch überflüssig, den allerdings in seiner Construction sehr zusammengesetzten sogenannten *pharmaceu-*

---

1 Technica curiosa L. V. Cap. 1 bis 3.

2 Elementa Matheseos. Hydraul. §. 79 u. 80.

3 Traité complet de Mécan. appliquée aux Arts. Mach. hydraul. Par. 1819. 4. p. 60.

4 G. XLIII. 156.

5 Vergl. *Stechheber*.

Heber, welchen Siegling vorgeschlagen hat[1], zu be-
en, und glaube ich mir dieses um so mehr erspaten zu
als ich mich nicht besinne, ihn irgendwo in den che-
Laboratorien angewandt gefunden zu haben. Um die
enden Flüssigkeiten tropfenweise auf das Filtrum fallen
n, ändert Gustav Bischof[2] den gemeinen Heber mit
geschmolzenen Saugröhre auf die Weise ab, daſs der
Schenkel in eine feine Spitze ausgezogen wird, damit
iltrirende Flüssigkeit nur tropfenweise auf das Filtrum
t. Der zweimal rechtwinklich gebogene Heber a c b Fig. 58.
kürzeren Schenkel a in eine feine Spitze ausgezogen,
e im Gefäſse A enthaltene Flüssigkeit nur in geringer
t in dieselbe eindringen könne. Der längere Schenkel
rch einen luftdicht schlieſsenden, oben verkitteten,
in die unten verjüngte Glasröhre D gesenkt, und ne-
selben die Röhre d e. Soll der Heber zu laufen anfan-
verschlieſst man die Spitze f mit dem Finger, saugt an
renende d, bis sich der Heber gefüllt hat, setzt den
Gefäſse B befindlichen Filtrirtrichter C mit dem Filtro
Spitze f, und hebt den Finger ab, so wird das Filtri-
n Anfang nehmen. Ob nicht die feine Spitze a leicht
werde, welchen Einwurf der Erfinder selbst gemacht
iber wage ich nicht zu entscheiden, in vielen Fällen
l der oben angegebene schwimmende Heber, bei wel- Fig. 45.
Geschwindigkeit des Abflieſsens durch das Verschie-
einen Schenkels in dem Schwimmer regulirt werden
r Anwendung bequemer und mehr geeignet seyn.

anatomische Heber (*sipho anatomicus*,
anatomique) ist eigentlich kein Heber, sondern ein
welcher sehr dazu geeignet ist, die Gesetze des hydro-
Druckes der Flüssigkeiten anschaulich zu machen,
follis hydrostaticus von s'Gravesande und dem *tu-*
ostaticus von Volder an die Seite gesetzt werden
n dem Erfinder wird er Wolf's anatomischer Heber
. Ein cylindrisches Gefäſs von Blech FGED ist seit- Fig. 59.

---

[1] ommsdorff Journ. d. Pharm. VI. 1. p. 1.

[2] hweigger's Journ. XL. 478.

[3] ementa Mathes. Hydrost. Cap. II. §. 52.

wärts mit der engen und hohen Röhre HI versehen, welche zu Bequemlichkeit des Eingieſsens oben bei H einen Trichter hat. Ueber den Rand FD des Gefäſses wird eine Thierblase gebunden und Wasser in den Trichter H gegossen, bis die untere Mündung des Rohres unter dem Wasserspiegel im Gefäſse ist, weswegen dasselbe zweckmäſsiger nahe über dem Boden des Gefäſses anzubringen, letzteres selbst aber etwas niedriger zu verfertigen wäre, als in der Zeichnung angegeben ist und meistens geschieht. Ist das Gefäſs luftdicht durch die Blase verschlossen, so drückt die comprimirte Luft gegen die letztere und treibt sie in gewölbter Gestalt empor, widrigenfalls geschieht dieses durch das allmälig höher steigende Wasser. Nach hydrostatischen Gesetzen würde eine das cylindrische Gefäſs bei FD schneidende geometrische Ebene durch den nach oben stattfindenden Druck der Flüssigkeit einen Wassercylinder FKL zu tragen vermögend seyn, und wenn dieser nicht vorhanden ist, so muſs die Thierblase von unten her einen Druck erleiden, welcher dem Gewichte eines solchen Cylinders gleich ist. Man kann daher mit einem geringen Gewichte Wassers in der Röhre HI einen sehr groſsen Druck gegen die Fläche FD erzeugen. Bei dem Heber, dessen sich Wolf[1] bediente, war die Röhre 11 Lin. weit, und 250 Lin. höher als das Gefäſs, so daſs sie also 1,5 Pf. Wasser faſste, das Gefäſs dagegen hatte 48 Lin. im Durchmesser, und konnte daher mit 30 Pf. belastet werden. Ueberhaupt verhalten sich die Gewichte gleich hoher Cylinder wie die Quadrate ihrer Durchmesser, und wenn daher das Verhältniſs der Durchmesser bei der Röhre und dem Gefäſse = 1 : 10 ist, so wird die Blase das hundertfache Gewicht des Wassers in der Röhre zu tragen vermögen. Den Namen anatomischer Heber, hat Wolf diesem Apparate gegeben, weil durch den starken und überall gleichförmigen Druck der Luft oder des Wassers alle Häute und Gefäſse der Blase so aus einander getrieben werden, daſs man sie weit bequemer, als auf sonstige Weise von einander trennen, und die Structur der häutigen Theile wahrnehmen kann. Ob derselbe übrigens zu anatomischen Zwecken geeignet und dazu schon benutzt sey, kann ich nicht bestimmen.

M.

---

1 Nützliche Versuche Th. I. Cap. 3. §. 58.

Heblade.

Hebezeug; Levier sans fin; ist ein einfacher, uf die Gesetze des Hebels gegründeter Apparat. Es läſst sich ämlich vermittelst des Hebels zwar mit jeder gegebenen Kraft ede gegebene Last heben, und wenn gleich dieser theoretische atz wegen physisch hindernder Bedingungen keine allgemeine Anwendung leidet, so folgt doch aus ihm sowohl als auch aus allbekannten Erfahrungen, daſs man selbst mittelst des einfachen Hebels sehr groſse Lasten mit geringer Kraft zu heben vermag. Zugleich aber folgt aus dem im Art. *Hebel* erläuterten Cartesischen Gesetze, daſs die Höhe, bis zu welcher eine Last vermittelst eines Hebels gehoben werden kann, bei gleicher angewandter Kraft ihrer Gröſse umgekehrt proportional ist. Wirklich können auch groſse Lasten vermittelst des einfachen Hebels nur bis zu geringen Höhen gehoben werden. Man suchte daher diese geringen Höhen durch Vervielfältigung der Hebelwirkungen zu vermehren, und hieraus entstand die Heblade, welche unter verschiedenen Gestalten von den Mechanikern[1] dargestellt ist. Folgende zwei Arten sind die gebräuchlichsten. Die eine besteht aus zwei parallelen hölzernen Backen, welche auf dem Fuſsgestelle A B aufgerichtet sind, und so weit von einander abstehen, daſs der Hebebaum a b sich leicht und frei zwischen ihnen bewegen kann. An beiden Seiten sind in lothrechter Linie und gleichen Abständen die Löcher e; e′; e″; .... ε; ε′; ε″; .... um einen eisernen Bolzen durchzustecken, worauf der Hebebaum ruhet. Ist letzterer dann mit einer Last am Ende a beschwert auf dem Bolzen in e ruhend, und wird das andere Ende b mit der Hand oder einem Seile herabgezogen, bis Fig. 60.

1 Zuerst findet man sie von französischen Schriftstellern erwähnt in Recueil de plusieurs machines militaires et feux artificiels de la diligence de Franc. Thybourel, Maitre chyrurgien et de Jean Appier dit Hanzel de Cologne; Pont à Mousson 1620. Liv. III. chap. 20 und in Recréations mathématiques. Rouen 1634. P. 11. probl. 21. Hieraus durch Schwenter in: Mathematische Erquickungsstunden. Nürnb. 1651. 1. Th. XV. Aufg. 23. Deutlicher findet man sie beschrieben in Leupold Theatr. Mach. Cap. V. Tab. XVI. XVII. Die zweite zu beschreibende Heblade soll durch Perrault erfunden seyn. S. Mém. de l'Acad. 1716. Man findet sie in den meisten neueren Werken über die praktische Maschinenkunde.

der Hebebaum in die Lage $\alpha\beta$ gekommen ist, so steckt ma nen Bolzen durch das Loch ε, hebt dann das Ende β wiede die Höhe, bis $\alpha\beta$ auf dem Bolzen e′ mit a b parallel ruhet, hierdurch ist also die Last um die Höhe des Raumes zwis e e′ gehoben. Durch Wiederholung dieses Verfahrens kann selbe dann zu der erforderlichen Höhe gebracht werden.

Dieser kunstlose Apparat erfordert in der Regel zwei Ar ter, deren einer den Bolzen einstecken muſs, während der dere den Hebelarm β niederhält. Hierzu wird indeſs ein ſserer Aufwand von Zeit erfordert, als sonst nöthig seyn wi und die nämliche Idee kann daher auf folgende Weise ungl

Fig. 61. besser realisirt werden. Auf dem Fuſsgestelle A B ruhet de serne Träger C, etwa 6 Z. breit und 1 bis 2 Z. dick. An den Seiten desselben befinden sich die Einschnitte e; e′; .... und ε; ε'; ε''; .... in welche die Widerhaken δ und γ e greiſen und das Herabfallen des Hebebaumes a b hindern. Le terer ist in der Mitte so eingeschnitten, daſs der eiserne Trä C durch die Oeffnung gesteckt werden konnte; die Gegen wichte l, l′ drücken die Widerhaken so gegen die Einschni daſs sie, ohne umzuschlagen, jederzeit in dieselben eingreif Wird also der Hebelarm b niedergedrückt, so steigt die L P in die Höhe, bis der Haken γ in den Einschnitt ε' eingrei läſst man aber den Hebelarm b wieder in die Höhe gehen, schiebt sich der Haken δ hinauf, bis er in den Einschnitt einfällt, und durch Wiederholung dieses Verfahrens wirkt di se Heblade ungleich schneller und bequemer, als die zuerst b schriebene. Daſs man diese Heblade auch im Kleinen zum H ben von Lasten ausführen könne, liegt sehr nahe bei der Sache

Aehnlich sind die Hebemaschinen, welche man zum Au reiſsen der Bäume vorgeschlagen hat. Eine solche ist angege ben durch Paul Sommer[1], Jobst Bösen[2], Polhem[3] und an dere. Die von Sommer erfundene Maschine und einige m Maschinen dieser Art angestellte Versuche findet man beschrie ben durch Silberschlag[4]; indeſs erfordert ihre Constructio

---

1 Mém. de la Soc. de Berne. Tom. I. p. 175. Vergl. Mil Lehrbegriff der praktischen Feldwirthschaft. Leipz. 1764. I. 191.

2 J. Bösen's Hebmaschine. Gött. 1771.

3 Schwed. Abh. XVIII. 193.

4 G. C. Silberschlag's Closter-Bergische Versuche. Berl. 1768.

lbst der bloſse Transport einen zu groſsen Aufwand, als
: mit Nutzen angewandt werden könnten. Eben dieses
ı der neuerdings durch Romershausen vorgeschlagenen
ıe dieser Art, welche aber nach dem Principe des He-
l hauptsächlich der geneigten Ebene construirt ist.

M.

Heizung.

Calefactio; Chauffage; *Warming.*

Heizung oder Erwärmung der Luft in den Zimmern, ıers in den Bädern, überhaupt der Oefen, der Heerde llosen anderen Gegenstände zu den verschiedensten , macht in ihrem ganzen Umfange einen bedeutenden er Technologie und Oekonomie aus, und würde mit ler vielfachen Anwendungen eine sehr ausführliche Un- g erfordern. Alles dieses deswegen in das Gebiet der ı ziehen, weil die dabei zum Grunde liegenden Prin- ın gehören, müſste eine übermäſsige Ausdehnung die- ınschaft herbeiführen, und es wird daher genügen, kurze Uebersicht der wichtigsten Gesetze und ihrer ıgen mitzutheilen. Bei weitem das schwierigste und ıuesten Zeiten am meisten untersuchte Problem ist die ſteste Heizung der Wohnungen und damit verwand- , weswegen ich mich hierauf zunächst beschränken lem hieraus die Anwendungen für anderweitige Zwecke h von selbst folgen.

i allen Arten der Heizung kommt zuerst die Erzeu- Värme in Betrachtung. Es sind zwar verschiedentlich gemacht, die durch Compression und insbesondere ung erzeugte Wärme zum technischen Gebrauche zu allein es ergiebt sich auf den ersten Blick, daſs der fect mit den anzuwendenden Mitteln in gar keinem e steht, und man wird sich daher ausschlieſslich auf das Verbrennen der gangbaren Brennmaterialien er- rme beschränken müssen. Die gangbarsten Arten der nd *Steinkohlen*, *Holz* und *Torf*, wozu an verschie-

l. Nachrichten von einigen zu Schöneiche angestellten Ver- w. von J. E. Silberschlag. Berl. 1773.

denen Orten noch die aus der ausgelaugten, für die Lederbe tung benutzten, Eichenrinde geformten *Lohsteine* oder *Lohk* und namentlich im nördlichen Deutschlande die mit vielen W zelfasern der verschiedenen Heide-Arten durchwachsene o Erdrinde, welche in Stücken von 2 bis 3 Z. Dicke, abgeha oder abgestochen wird, die sogenannten *Plagger* kommen. die Bestandtheile der letzteren und ihre hieraus folgende H kraft kaum im Mittel bestimmbar sind, so genügt es bloſs vier ersteren Stoffe zu berücksichtigen, alle andere aber, wel noch wohl irgendwo angewandt werden mögen, mit Stillschw gen zu übergehen. Ueber die Wärmemengen, welche du das Verbrennen der verschiedenen Holzarten, der Steinkol und des Torfes erzeugt werden, sind zahlreiche Versuche v handen, deren Resultate im Art. *Wärme* mitgetheilt wer sollen. Nimmt man ein genähertes Mittel aus den genaues derselben, so erhält man 3000 ℔ Wasser, welche durch gutes und gesundes, an der Luft wohl getrocknetes, geme Brennholz um 1° C. erwärmt werden[1]. Gemeines Eich Brennholz liefert dann etwa $\frac{1}{4}$ weniger, sehr harzreiches et mehr, deutsche Steinkohlen geben 1,3 mal, englische N castle-Kohlen 2 mal, trockne Holzkohlen 2 mal, die be Torfarten gleichviel, die schlechteren und Lohsteine $\frac{1}{2}$ ma viel, nasses Holz aber liefert nur $\frac{1}{4}$ dieser Menge.

Bei den Versuchen, wodurch diese Bestimmungen erha sind, wurde inzwischen das Brennmaterial gänzlich verz und alle hierdurch erzeugte Wärme aufgefangen. Dieses bei gewöhnlichen Heizungen unmöglich, indem eine gew Quantität desselben unzersetzt bleibt und als Rauch durch Schornsteine entweicht, dessen Wärme obendrein eben wie Zerstreuung durch die Feuermauern einen bedeutenden Ver herbeiführt. Nach der, auf praktische Erfahrung gestützten A gabe von PARTINGTON[2] genügt 1 ℔ Steinkohlen um 7 ℔ W ser in Dampf zu verwandeln. Wird aber die zur Dampfbild erforderliche Wärme $= 640°$C. gesetzt[3], und die anfängli

1 WAGENMANN nimmt an, daſs 2350 Pfd. Wasser durch 1 Holz um 1° R. erwärmt werden, welches hiermit nahe übereinstin S. über die Heizung mit erwärmter Luft. Berl. 1827. gr. 4.

2 S. Theil II. dieses Wörterb. S. 480.

3 S. Ebend. p. 296.

Wärme des Wassers = 20° C. angenommen, so vermag 1 ℔ Steinkohlen 4340 ℔ Wasser um 1° C. zu erwärmen, und wenn die Heizkraft des Holzes = ½ der Steinkohlen ist, so erhöhet ℔ verbranntes Holz 2170 ℔ Wasser um 1° C. Wagenmann[1] immt nach dem Ergebnisse bei Anlagen im Groſsen an, daſs ℔ Holz 3 ℔ Wasser in Dampf verwandelt, wonach auf gleiche Weise berechnet nur 1860 ℔ Wasser durch 1 ℔ Holz um 1° C. rwärmt werden. Im Mittel aus diesen beiden Angaben scheint s also der Wahrheit am nächsten zu kommen, wenn man für 1 ℔ Holz 2000 ℔ Wasser als normale Bestimmung annimmt. Es ist ferner die specifische Wärme der atmosphärischen Luft gegen Wasser = 0,2669 und ihre Dichtigkeit = 0,00128, woach also die Erwärmung des Wassers gegen die der Luft bei leichem Gewichte sich wie 0,2669 zu 1 und bei gleichem Voumen = 0,2669 × 0,001299 : 1 verhalten würde. Hiernach st die nachfolgende Tabelle über die Verdampfung und Erwärmung um 1° C. von Wasser und Luft durch ein Pfund des gegebenen Brennmaterials berechnet.

℔ Brennmat.	Verdampf. Wasser ℔	Erwärm. um 1° C. Wasser ℔	Wasser Cub. F.	Luft ℔	Luft Cub. F.
este Steink.	6,45	4000	57,14	14987	164810
chlechtere -	4,20	2600	37,14	9700	107123
Holz - - -	3,23	2000	28,57	7493	82405
Eichenholz -	2,43	1500	21,43	5620	61811
Torf - - -	1,62	1000	14,28	3747	41202

Man wird sich also von der Wahrheit nicht sehr entfernen, wenn man annimmt, daſs durch 1 ℔ gutes, lufttrockenes, buchenes oder tannenes Holz, wenn es unter günstigen Bedingungen und mit der erforderlichen Vermeidung jedes unnützen Verlustes verbrannt wird, 80000 Par. Cub. F. Luft um 1° C. erwärmt werden. Soll dieses Resultat aber sicher seyn, so wird ein hinlänglich starker Luftzug erfordert, damit das Brennmaterial vollständig zersetzt werde, und eine hinlängliche Circulation des noch heiſsen Rauches, damit er mindestens nicht über den Punct des siedenden Wassers erhitzt in den Schornstein entweiche. Um das Erstere zu erreichen, hat man verschiedene rauchverzehrende Oefen angegeben, wodurch die unzersetzt entweichen-

1. A. a. O. S. 7.

den Antheile der Combustibilien verbrannt werden sollten. D
von Thilorier [1] vorgeschlagene Construction würde diese
Zwecke allerdings genügen; weil es aber allzu schwierig i
solche Vorrichtungen gegen das Entweichen des Rauches, u
dadurch entstehende Unannehmlichkeiten zu sichern, so übe
gehe ich sie mit Stillschweigen. Für die gehörige Abkühlu
des Rauches im Allgemeinen kann auf verschiedene Weise leic
gesorgt werden, und scheint es mir daher überflüssig, Rege
hierfür anzugeben.

2. Sollen gegebene Körper durch die erzeugte Wärme e
hitzt werden, so kann sie ihnen bei weitem in den wenigst
Fällen unmittelbar mitgetheilt werden, sondern muſs in der R
gel durch eine Hülle dringen, um den gesuchten Effect zu e
zeugen. Hierbei kommt dann vieles in Betrachtung, wenn m
die Zeit bestimmen will, in welcher die Wärme durch d
Hülle dringt, und sich in den gegebenen Körpern gleichmäſs
oder ungleichmäſsig verbreitet, nämlich die Leichtigkeit, w
mit die Substanz der Hülle die mit ihr in Berührung kommen
Wärme aufnimmt, durch ihre ungleich dicke Masse durchlei
und dann an die bestimmten Körper wieder abgiebt. Diese t
in die gesammten Gesetze der Wärmeleitung eingreifende U
tersuchung kann indeſs hier nicht angestellt werden, indem
für die vorliegende Aufgabe zunächst meistens nur darauf a
kommt, die gesammte erzeugte Wärme ohne merklichen Ve
lust zu benutzen, und nur in wenigen, nachher zu erwähne
den Fällen auch die Zeit, in welcher dieses geschieht, Berüc
sichtigung verdient.

3. Wenn die Quantität der erzeugten Wärme gegeben is
so werden durch diese die gegebenen Körper einen ihrer speci
schen Wärmecapacität umgekehrt proportionale Temperaturerh
hung erhalten. Ist demnach die spec. Wärme des Wassers nac
Lavoisier und La-Place = 1; des Quecksilbers = 0,02
so wird die nämliche Wärmequelle, welche 1 ℔ Wasser um 1
der Temperatur erhöhet, fast 34,5 ℔ Quecksilber um 1° zu e
höhen im Stande seyn. Es kommt daher in jedem Falle sehr i
Betrachtung, ob man eine gegebene Menge Wasser oder Wei
geist, Luſt, Blei u. s. w. zu erhitzen beabsichtigt, und ma

1 S. Abbild. u. Beschreibung eines rauchverz. Ofens, herausge
von Eschenbach. Leipz. 1805. 4.

labei auf die specifiſche Wärmecapacität jederzeit die gehörige Rücksicht genommen werden. Indem aber diese letztere bei len meisten Körpern so genau bekannt ist, als für die praktische Inwendung erfordert wird, so darf man nur die erforderlichen Bestimmungen aus den hierüber vorhandenen Tabellen entehmen[1].

4. Die durch eine gegebene Wärmequelle den verschielenen Körpern mit Rücksicht auf ihre respective Wärmecapaciät ertheilte Temperaturerhöhung ist allezeit bloſs die Differenz ler zugeführten und wieder abgeleiteten Wärme. Letzterer Verlust entsteht theils daraus, daſs namentlich die entweichenen Dämpfe und Gasarten die zu ihrer Bildung erforderliche, ft sehr bedeutende Wärmemenge mit sich fortführen, theils araus, daſs keine Hülle für die Wärme undurchdringlich ist, nd daher eine verschieden groſse Menge derselben durch diese ntweicht, welche sich dann in den umgebenden Raum zertreuet. Rücksichtlich des Ersteren ist es mit Ausnahme der eigentlichen Gasbereitung bei chemischen Processen selten der all, daſs durch Gasbildung ein Theil der zugeführten Wärme erloren wird, und lassen sich hierüber keine bestimmte Regeln ngeben, dagegen aber ist es bekannt, wie groſs die Quantität er Wärme ist, welche die Dämpfe zu ihrer Bildung bedürfen. leiſst daher die latente Wärme des Dampfes von derjenigen lüssigkeit, welche erhitzt werden soll $= \vartheta$, die Temperatur, is zu welcher dieselbe schon erwärmt ist $=$ t, die Quantität es aus der Flüssigkeit gebildeten Dampfes, die ganze Menge erselben als Einheit genommen $=$ a; so ist $(\vartheta - t)$ a die Veränderung der Temperatur durch Dampfbildung, oder diejenige Värme in Thermometergraden ausgedrückt, um welche die esammte Flüssigkeit ohne die Entweichung des Dampfes errärmt worden wäre. Die latente Wärme des Wasserdampfes . B. ist $= 640°$ C. von 0° an gerechnet. Ist demnach Wasser is etwa 60° C. erwärmt, und kann der gebildete Dampf frei enteichen, so ist die hierzu verbrauchte Wärme $= (640 - 60)$ a $=$ 80 a, woraus sich ergiebt, daſs a nur ein kleiner Bruch seyn ınn, um dennoch einen merklichen Wärmeverlust zu erzeuen. Hierin liegt auch der Grund, warum das Verbrennen des ıssen Holzes so wenig Hitze giebt, nämlich weil eine so groſse

[1] Vergl. *Wärme, specifiſche.*

Menge der letzteren durch Dampfbildung verloren wird, u das Bedecken der zu erwärmenden Flüssigkeiten ist um so v nützlicher, je höher die Temperatur ist, auf welche sie bracht werden sollen.

Der Wärmeverlust durch die umgebende Hülle wird eine dreifache Weise erzeugt, nämlich zuerst bei der Wär quelle unmittelbar, wenn die Körper nicht alle erzeugte Wä aufnehmen, zweitens bei der Fortleitung der erwärmten St bis zum Orte ihrer Benutzuug und drittens an diesem letzte selbst. Für alle drei gilt meistentheils die gemeinsame Re daſs man solche Hüllen anwendet, welche am wenigsten Wä durchlassen, und diese sind hauptsächlich lockere, die Wä schlecht leitende, Körper und mit blanker Oberfläche verseh Zu diesem Ende umgiebt man die Feuerstätte mit mehr minder dicken Mänteln von gebrannten Steinen und einem berzuge von Lehm, leitet heiſses Wasser, heiſse Luft und W serdampf in Röhren von verzinntem Eisenbleche, welche we Wärme ausstrahlen, schlieſst die Leitungsröhren in andere zwischenliegender Luftschicht ein, weil die trockene Luft Wärme schlecht leitet u. s. w. In dieser Allgemeinheit au faſst ist die Aufgabe leicht, und wird erst dann sehr schwie wenn man genaue Bestimmungen der Wärmemengen verla welche eine gegebene Hülle bei einem bestimmten Tempera unterschiede in einer gemessenen Zeit durchläſst. Die Auf kommt in Betrachtung bei der Erzeugung des Dampfes Dampfmaschinen und der Erhaltung desselben in den Leitrö und Stiefeln der letzteren, bei Destilliranlagen, Heizungsap raten für Bäder u. s. w., insbesondere aber bei der so allge nen Heizung der Wohnungen. Im Allgemeinen aber ist die gabe schon oben unter Nr. 1. so weit beantwortet, als genä Werthe gefunden werden können, indem scharfe Bestimmun wegen der zahllosen bedingenden Nebenumstände ganz unm lich sind. Es ist dort nämlich nicht die gesammte Wärme genommen, welche durch die Verbrennung der gebräuchlic Brennstoffe erzeugt wird, sondern nur diejenige, welche Beobachtungen im Groſsen gefunden wurde, wobei also Verlust durch die Wände der Feuerungsräume und der Ge schon mit in Rechnung genommen ist. Die Bestimmung de nigen Wärme, welche bei der Fortleitung der erwärmten dien durch die Canäle verloren wird, kann in genäherten W

hen aus den Angaben entnommen werden, welche sich bei der Intersuchung der Dampſheizung im Speciellen finden, und so liebe dann hauptsächlich noch die Wärmezerstreuung durch ie Umgebungen der Wohnzimmer und Gemächer übrig.

5. Die Bestimmung des Wärmeverlustes, welchen ge-eizte Räume durch die sie einschlieſsenden Umgebungen, als enster, Wände, Thüren u. s. w. erleiden, ist sehr schwierig, nd kaum überall auch nur in genäherten Werthen möglich, vorin dann der Grund liegt, daſs manche Zimmer so leicht und ndere so schwer erheizt werden, ohne daſs genaue Kenner ler Gesetze, denen die Wärme folgt, die Ursachen hiervon llezeit sicher anzugeben vermögen. Theils sind nämlich die esetze der Wärmedurchleitung der verschiedenen Körper noch icht mit hinlänglicher Genauigkeit bestimmt, um hieraus die eiten zu berechnen, in denen die Wärme bei einer bekannten emperatur im Innern der Zimmer und auſserhalb derselben die Imgebungen der Zimmer zu durchdringen vermag, theils bie-en auch die letzteren so viele Verschiedenheiten dar, daſs die ahlreichsten Versuche kaum hinreichen würden, sie sämtlich u umfassen. Je nachdem nämlich die Fenster, Wände und hüren mehr oder weniger das Durchdringen der kalten und armen Luft durch feine Ritzen gestatten, entsteht ein bedeu-nder Unterschied aus der Richtung der Luftströmung, welche nes Durchdringen leicht auf das Doppelte und noch mehr stei-ern kann. Für genaue Bestimmungen würde dann sogar das röſsere oder geringere Leitungsvermögen des Glases in Betrach-ng kommen, allein noch ungleich mehr ist dieses der Fall bei en Thüren, je nachdem das Holz derselben dichter und trock-er ist, und insbesondere bei den massiven Wänden, deren eitungsfähigkeit nicht bloſs von ihrer eigenthümlichen Beschaf-enheit, sondern auch von ihrem Zustande der Trockenheit ab-ängt, welcher letztere wiederum durch den Einfluſs der Wit-rung bedingt wird. Die nachfolgenden Bestimmungen kön-en daher nur als ein Versuch angesehen werden, hierüber zu nigen genäherten Werthen zu gelangen.

Thomas Tredgold[1] füllte einen gläsernen Cylinder mit armem Wasser, lieſs ihn in einem Zimmer erkalten, maſs die

---

1 Grundsätze der Damfpheizung und der damit verbundenen Lüf-ng aller Arten von Gebäuden. Uebers. von Kühn. Leipz. 1826. 8. S. 45.

hierzu erforderliche Zeit und bestimmte hiernach diejenige Abkühlung, welche durch eine gegebene Oberfläche des Glases in einer Minute bewirkt wird. Allein gegen diese Versuche, welche sowohl er selbst als auch Wagenmann[1] bei den Berechnungen zum Grunde legt, lassen sich zwei sehr bedeutende Einwendungen aufstellen. Zuerst nämlich war der Cylinder mit Wasser gefüllt, in welchem die Wärme nicht leicht vom Mittelpuncte nach den Wandungen des Cylinders gelangen konnte, insofern dasselbe ein schlechter Wärmeleiter ist, und sich beim ruhigen Stehen in ungleich warme horizontale Schichten trennt, auf der andern Seite aber durch unmittelbare Berührung der Glasfläche andern Gesetzen der Durchleitung folgt, als die in den Zimmern eingeschlossene, den Glaswänden anliegende Luft; zweitens aber lieſs er das Wasser bei einer Temperaturdifferenz von 55°,5 R. im Innern und auſserhalb des Cylinders nur um 1° R. erkalten, nachher aber bei einer mittleren Temperaturdifferenz von 53°,5 um 3° R., fand aus jenem 0°,338, aus diesem 0°,337 R. Erkaltung in 1 Minute, setzte beide Resultate einander nahe gleich, und nahm letztere in Rechnung. Allein die Abkühlung um 1° R. giebt als zu klein schon eine zu groſse Fehlergrenze, und dann folgt aus Theorie und Erfahrung übereinstimmend, daſs die Durchleitung der Wärme durch jede Hülle der Temperaturdifferenz im Innern und auſserhalb proportional seyn muſs. Ohne diesen letzteren Satz durch die Erfahrung direct zu prüfen, stellt er dann den allgemeinen Satz auf, daſs ein Quadratfuſs Glasfläche von gewöhnlicher Fensterscheibendicke 1,5 Cub. F. Luft um den Unterschied der inneren und äuſseren Temperatur abkühlt. Bei der Bestimmung dieser Gröſse wird zugleich angenommen, daſs die Glashülle um $\frac{1}{6}$ kälter war, als das eingeschlossene Wasser, welches für die Bedingungen des Versuchs wohl ganz richtig seyn mag, Wagenmann giebt dagegen für den Fall, wenn das Glas auf beiden Seiten mit ungleich erwärmter Luft in Berührung ist, diesem die mittlere Temperatur zwischen der inneren und äuſseren, und nimmt demnach an, daſs 0,7 Cub. F. Luft durch 1 Quadratfuſs Glasfläche, beides in rheinl. Maſs, in 1 Minute um die Differenz der äuſseren und inneren Temperatur abgekühlt werde.

Es schien mir nicht überflüssig zu seyn, diese Hauptbestim-

1 A. a. O. S. 8.

ng für die gesammten nachfolgenden Berechnungen durch eigene suche zu prüfen. Zu diesem Ende setzte ich eine Campane der Dicke des gemeinen Fensterglases mit etwas Pomade eine Spiegelglasscheibe, hing ein Thermometer in die Mitte elben, erwärmte das Ganze in einer Trockenstube bis 28° R., e dann den Apparat zwischen offene Fenster eines Zimmers, einen freien Luftzug zu haben, welcher auch die untere ibe berührte, und beobachtete die Grade der Erkaltung von 5 Minuten bei einer constant bleibenden äuſseren Tempe- = 7° R. Hieraus erhielt ich folgende Werthe[1].

iten	Temperaturen	Δt nach Beob.	$\Delta\Delta$t	Δt nach Rechnung	$\Delta\Delta$t
30′	28,0	0	0,0	0,0	0,0
35	20,5	7,5	0,0	7,5	0,0
40′	15,0	4,5	3,0	4,7	2,7
45	12,0	3,0	1,5	2,9	1,9
50	10,2	1,8	1,2	1,8	1,1
55	9,2	1,0	0,8	1,09	0,9
00	9,0	0,8	0,2	0,8	0,29

)ie sämtlichen Columnen dieser Tabelle sind an sich klar, die fünfte. Diese dient zur Beantwortung der Frage, ob kühlungen den Unterschieden der Temperatur direct pro- nal sind. Ist dieses der Fall, und heiſsen die Unterschiede neren und äuſseren Temperatur α und α', die Abkühlun- r Luft im Innern Δt und Δt′, so ist

$$\alpha : \alpha' = \Delta t : \Delta t' \text{ also } 21 : 13{,}5 = 7{,}5 : \frac{13{,}5 \times 7{,}5}{21} = 4{,}77 \ldots$$

h die 5te Columne berechnet ist. Die leicht zu überse- Uebereinstimmung der Werthe in der dritten und fünften ne zeigt, daſs der von Tredgold aufgestellte Satz durch ahrung bestätigt wird[2]. Im Mittel aus allen Resultaten wir annehmen, daſs die eingeschlossene Luft um 2°,8 R. hältniſs des Unterschiedes der inneren und äuſseren Tem- während 5 Minuten, also um 0°,56 R. in 1 Minute ab-

---

Die äuſsere Temperatur wurde an einem unweit des Apparats ngenen, sehr empfindlichen Thermometer beobachtet, und rte sich nicht um 0°,2 R.

Ein zweiter Versuch, wobei die umgebende Luft in einem mehr ruhig war, gab fast ganz gleiche Resultate, indeſs lasse weg, weil er an Genauigkeit dem mitgetheilten nachsteht.

gekühlt wurde. Es betrug aber in so weit wie möglich genä herten Werthen die abkühlende Oberfläche 248 Quadratzoll der Inhalt 394 Cub. Zolle Par. Maſs, wonach 1 Par. Quadratfuſ Glasfläche gerade 0,25 Cub. F. Luft um 1° C. in 1 Minute vo der Differenz der inneren Luft gegen die äuſsere abkühlt, über all den Zustand der Trockenheit vorausgesetzt.

Das hier gefundene Resultat scheint mir der Natur der Sa che weit angemessener zu seyn, als das durch Tredgold er haltene, und es muſste auch geringer ausfallen, weil das Was ser seine Wärme ungleich schneller dem Glase mittheilt, als di trockne Luft. Uebrigens ist die erhaltene Gröſse das Minimum indem man die Luft in der Regel nicht so trocken annehme darf, als die bei den Versuchen angewandte war, und wen dieselbe feucht ist, oder sich ein wässeriger Niederschlag an den Fensterscheiben anlegt, so kann sie wohl auf das Doppelte stei gen, was dann von der Annahme Wagenmann's kaum ver schieden seyn würde, insbesondere wenn man erwägt, daſs be dem von mir gebrauchten Maſse die Fläche im quadratischen die Luftmasse aber im cubischen Verhältnisse des rheinländi schen zum Pariser Fuſse gröſser ist. Es scheint mir daher am richtigsten zu seyn, wenn man im Mittel auf 1 Quadrat F Fensterfläche 0,3 oder ¼ Cubikfuſs Abkühlung in 1 Minu rechnet.

6. Hiernach kann also der Wärmeverlust durch die Gla flächen der Fenster mit hinlänglicher Genauigkeit gefunden we den, zur Bestimmung desjenigen aber, welcher durch die Thü ren, Wände, Decken und Fuſsböden stattfindet, sind mir durch aus keine genügende Erfahrungen bekannt. Tredgold sagt i seinem mehrerwähnten, reichhaltigen Werke hierüber nich Wagenmann dagegen setzt die Leitungsfähigkeit der zu d letzteren genommenen Substanzen der des Glases gleich, u den Cubikwurzeln aus den Dicken derselben umgekehrt propo tional; allein ich sehe nicht, auf welches erwiesene Naturges sich diese Annahme stützt. Wenn wir uns an die Resultate d bisherigen Beobachtungen und Versuche halten, so führen die zu den auffallendsten Widersprüchen. Alle absichtlich desweg angestellte Versuche geben nämlich das Resultat, daſs die lock ren Körper, z. B. Holz, bessere Wärmeleiter sind als die fest z. B. Glas, Steine und inbesondere die Metalle. So fand n

mentlich Böckmann[1], welcher die ausführlichste Arbeit hierüber geliefert hat, die Leitungsfähigkeit des Eisens = 0,332; des Sandsteines = 0,749; des Glaſes = 0,783; des Weiſstannenholzes = 1,282; der Buchenholzasche = 1,295. Hiermit stehen aber die gemeinsten Erfahrungen, namentlich daſs glühende Kohlen in der Asche nicht erlöschen und die Holztheile in den Wänden der Zimmer weiſs bleiben, während die aus Stein, Lehm und Kalk bestehenden, durch bessere Wärmeleitung und den hierdurch veranlaſsten Niederschlag der dampfartig fortgerissenen Substanzen grau gefärbt werden, daſs massive Wände bei plötzlicher Veränderung der Temperatur eine völlig nasse Oberfläche erhalten, daſs bei heftiger Kälte die naſsgemachten Finger am Eisen sogleich festfrieren, während Hölzer von gleicher Temperatur ohne eine solche Wirkung berührt werden können, u. dgl. m. im grellsten Widerspruche. Dennoch aber ist gegen Böckmann's Versuche nichts einzuwenden. Er senkte nämlich feine Thermometer in Kugeln von verschiedenen Substanzen, erwärmte diese bis zu einer gleichen Temperatur, lieſs sie unter gleichen Bedingungen erkalten, und setzte dann ihr Wärmeleitungsvermögen der hierzu erforderlichen Zeit umgekehrt proportional. Eins von seinen auf diese Weise erhaltenen Resultaten, wonach das Wärmeleitungsvermögen des Eisens = 0,332 und des Glases = 0,783, also mehr als doppelt so groſs gefunden wurde, stimmt auſserdem mit einer merkwürdigen Erfahrung Rumford's[2], daſs Wasser in gläsernen Flaschen von 6facher Dicke der Wandungen früher erkaltete, als in gleich groſsen von Weiſsblech, sehr gut überein, und beide Versuche scheinen das für den vorliegenden Zweck erforderliche Gesetz anzugeben, indem es bei unsern Untersuchungen gleichfalls auf die Bestimmung der Zeit ankommt, in welcher die Wärme von Innen aus eine gegebene Hülle durchdringt.

Da es hier der Ort nicht ist, die bekannten Versuche über das Wärmeleitungsvermögen der verschiedenen Körper gründlich zu prüfen, so bemerke ich hierüber nur im Allgemeinen Folgendes. Diejenigen Körper, welche die Wärme leicht ab-

---

1 Versuche über die Wärmeleitung verschiedener Körper. Carlsruhe 1812. 8.

2 Mém. de l'Inst. VI. 102.

geben und somit schnell erkalten, zeigen hierdurch eine geringe Affinität zu derselben, und nehmen sie daher auch weniger gern an, wonach sie also schlechte Wärmeleiter sind. Hierin liegt der Grund, warum Böckmann seine gefundenen Resultate der Erfahrung dadurch mehr anzupassen sucht, daſs er das Wärmeleitungsvermögen in einer zweiten mitgetheilten Tabelle der Zeit des Erkaltens direct proportional setzte. Allein diese Bestimmung kann uns hier nicht als Norm dienen, da es doch einmal ausgemacht ist, daſs die untersuchten Körper in der angegebenen Zeit erkalten, und im umgekehrten Verhältnisse der letzteren als Wärmeleiter zu betrachten sind. Genau genommen ist aber dieser Schluſs nicht genugsam begründet. Böckmann wandte nämlich Kugeln von ganz gleichem Durchmesser an, deren eigentliche Masse daher ihrem spec. Gewichte direct proportional war. Sie gaben ihre erhaltene gleiche Wärme an die Umgebung ab, deren Menge aber ihrer specifischen Wärmecapacität gleichfalls direct proportional zu setzen ist. Diesemnach müssen also die erhaltenen Werthe mit dem Producte der specifischen Gewichte in die respectiven Wärmecapacitäten multiplicirt werden, um die corrigirten Bestimmungen für das Wärmeableitungsvermögen der Körper zu erhalten. Die specifischen Wärmecapacitäten der verschiedenen Körper sind zwar noch nicht bei allen genau bestimmt; wenn wir aber die muthmaſslich richtigen Werthe in Rechnung nehmen, so erhalten wir für die hier zunächst zu berücksichtigenden Körper folgende durch Böckmann gefundene uncorrigirte und die auf die angegebene Weise corrigirten Bestimmungen des Wärmeleitungsvermögens.

Körper.	Wärmeleitung		Körper.	Wärmeleitung	
	uncorr.	corrig.		uncorr.	corrig.
Weiſstannenh.	1,282	0,4527	Sandstein	0,749	0,4269
Eichenh. - -	1,181	0,7861	Kalkstein	0,666	0,4291
Mörtel - - -	0,944	0,4316	Backstein	0,988	0,4387
Glas - - - -	0,783	0,3960	Eisen -	0,332	0,3361

Die hiernach corrigirten Gröſsen, mit Ausnahme der für Eichenholz erhaltenen, sind einander so ähnlich, daſs man bei der Unsicherheit der benutzten Elemente geneigt werden könnte, das Wärmeleitungsvermögen aller Körper als gleich anzunehmen. Hierdurch wird aber für den vorliegenden Zweck nichts gewonnen, indem die bekannte Erfahrung über das ungleiche Durchleitungsvermögen der Wärme, welches wir bei den

Wänden der Wohnzimmer wahrnehmen, damit ohne weitläuf-ige Rechnungen nicht in Einklang gebracht werden kann.

Sehr interessante und anderweitig höchst wichtige Versuche, von denen hier ein indirecter Gebrauch gemacht werden kann, ind von Biot [1] und späterhin von Despretz [2] angestellt. Beide rhitzten Stangen verschiedener Körper an einem Ende bis zu iner bekannten Temperatur, erhielten sie am andern gleich-alls auf einem bestimmten Grade der Wärme und maſsen durch Thermometer, welche in gleichen Abständen in die Stangen ge-senkt waren, die Unterschiede der Temperaturen. Hieraus fanden beide im Allgemeinen übereinstimmend, daſs für eine rithmetische Reihe der Abstände dieser Thermometer die Wär-negrade, welche sie zeigten, eine geometrische Reihe bildeten, vonach also die Curve der Wärmefortleitung eine logarithmische st, ein durch theoretische Untersuchungen von Fourier [3] be-tätigtes Gesetz. Despretz, an dessen Versuche ich mich hier zunächst halten werde, findet dieses Gesetz für alle gute Leiter bestätigt, bei den schlechten Wärmeleitern zeigte sich aber eine Abweichung, welche indeſs hier unberücksichtigt bleiben kann, da sie für den vorliegenden Zweck der praktischen Anwendung nur gröſsere Sicherheit des gesuchten Erfolges gewährt. Die auf diese Weise erhaltenen Resultate stimmen dann ungleich besser mit den für unseren Zweck berücksichtigten Erfahrungen überein, indem die Metalle die besten, die Erden dagegen sehr schlechte Leiter der Wärme sind, denn namentlich ist das Wärmeleitungsvermögen des Eisens = 374,3; des Porzellans da-gegen = 12,2; und der gebrannten Steine = 11,4. Indem so-nach für den vorliegenden Zweck mit genügender Sicherheit die Leichtigkeit, womit die Körper die ihnen dargebotene Wärme an-nehmen, derjenigen, womit sie dieselbe abgeben, umgekehrt pro-portional gesetzt werden kann und diese sich daher wechselseitig aufheben, so kann uns hier das Fortleitungsvermögen der Wärme bei den verschiedenen Körpern als Norm der gesuchten Bestim-mungen dienen. Leider aber findet sich unter den durch Des-pretz untersuchten Körpern das Glas nicht, welches für un-

---

1 Traité IV. 666.

2 Ann. de Chim. et Phys. XIX. 97. XXXVI. 422. Traité élém. de Phys. 1825. 8. p. 200. Vergl. *Wärme, Fortleitung derselben.*

3 Théorie analytique de la Chaleur. A Paris 1822. 4. p. 60.

sere vorliegenden Untersuchungen am wichtigsten ist. N
Wahrscheinlichkeit kann dasselbe zwischen Marmor und I
zellan gesetzt werden, und da die Wärmeleitung für erst
= 23,6 für letzteres = 12,2 gefunden ist, so würde die
Glas = 16, oder mit einer gröſseren Annäherung zu der
Porzellans = 14,5 bis 15 anzunehmen seyn. Endlich wa
den Versuchen von Biot das erhitzte Ende der Stangen mit
dendem Wasser in unmittelbarer Berührung, und bei denen
Despretz umspielte die Flamme denselben, welches allerdi
auf die Resultate nicht ohne allen Einfluſs ist.

Alle bisherigen Versuche enthalten diesemnach nicht ge
diejenigen Bedingungen, welche bei der Entscheidung über
vorliegende Problem zu berücksichtigen sind, und weil es v
leicht unmöglich ist, solche Versuche anzustellen, in denen
selben insgesammt enthalten sind, mir hierzu aber in dem A
genblicke sowohl die erforderliche Zeit als auch die nöthi
Mittel fehlten, so bemühete ich mich zu genäherten Bestimm
gen durch folgenden Versuch zu gelangen. Da bei der Z
merheizung die eingeschlossene Luft erwärmt ist, und i
Wärme durch die Wandungen an die äuſsere umgebende L
abgiebt, die Ableitung durch Glas aber aus dem oben besch
benen Versuche bekannt ist, so verschaffte ich mir nach ei
cylindrischen gläsernen Gefäſse von beiläufig 2 Z. Weite
4 Z. Höhe, also von etwa 12 Cub. Z. Inhalt ein ähnliches
Buchenholz und eins von gebranntem Thon, letzteres als
vollkommenen Repräsentanten der Wände von gebrannten S
nen, verschloſs die Oeffnungen durch einen Kork, senkt
jedes ein möglichst gleiches, bis in die Mitte herabreichen
sehr feines Thermometer, lieſs sie bis 8° R. erkalten, bra
dann alle drei an Fäden über einen Stab hängend in eine T
kenstube, wo ein in einiger Entfernung vom Ofen hänge
Thermometer 45° R. zeigte und beobachtete die Zeiten, in
nen die Thermometer von 10 zu 10 Graden stiegen. Diese
ren in Minuten folgende

	Glas	Holz	Thon
8° bis 18°	3,25	3,75	3,5
18 — 28	3,00	5,50	4,0
28 — 38	3,25	9,00	6,5

Bei den Resultaten dieser sehr im Kleinen angestellten
schon aus diesem Grunde mangelhaften Versuche ist es a

, daſs beim Glase das Durchleitungsvermögen für alle Temturunterschiede gleich, beim Thone aber und noch ungleich r beim Holze den Zunahmen der Wärme umgekehrt propor- il ist. Dieses Resultat, welches durchaus auf keinem Beobungsfehler beruhet, wird durch die Erfahrung bestätigt, indem genannten Körper in einer höheren Temperatur leicht um ;e Grade wärmer werden, dann aber selbst mit glühenden pern in Berührung nur langsam einen hohen Grad der Hitze lten, weswegen auch die Kachelöfen von Auſsen erst spät : bedeutende Hitze zeigen, obgleich sie im Innern mit glü- der Luft in Berührung sind oder selbst glühen. Hieraus er- t sich ferner, warum die Wände und Meublen, wenn nach ltender Kälte schnell eine höhere Temperatur eintritt, so- von Auſsen naſs werden, nachher aber, wenn sie mehr er- nt sind, und die Temperatur noch bedeutend steigt, kei- regs einen gleichen Grad der Feuchtigkeit zeigen, obgleich Menge des Wasserdampfes in der Atmosphäre mit der Temtur zunimmt.

Nehmen wir einstweilen das Resultat dieser Versuche als tig an, und setzen die Leitungsfähigkeit den gefundenen Zei- umgekehrt proportional, so giebt dieses folgende Werthe, des Glases als Einheit angenommen

Glas = 1; Holz = 0,5206; Thon = 0,6786.

Werthe gelten indeſs für den Fall, wenn der Unterschied Temperatur 30° R. beträgt, und da das Leitungsvermögen Holzes in höheren Temperaturen so bedeutend abnimmt, so e ich Bedenken, sie den nachfolgenden Berechnungen zum nde zu legen. Wenn dagegen die aus den zwei ersten Rei- erhaltenen, einem Temperaturunterschiede = 20° R. zuge- gen Bestimmungen benutzt werden, so erhält man folgende rthe:

Glas = 1; Holz = 0,6756; Thon = 0,8334;

che ich um so lieber annehme, als sie mit dem Resultate ei- zur Controle angestellten Versuches sehr nahe übereinstim- 1. Ich lieſs nämlich die Temperatur der Gefäſse durch wei- Entfernung vom Ofen langsam auf 35° R. herabgehen, stellte dann in ein luftiges Zimmer von 10° R., lieſs sie bis 15° R. alten, notirte die hierzu erforderliche Zeit und erhielt hier- ein mit dem angegebenen sehr nahe übereinstimmendes Reat.

Diese angenommene Bestimmung steht auſserdem sehr i Einklange mit derjenigen, welche so eben aus den Versuch von Despretz abgeleitet ist. Wird nämlich die Wärmeleitu des Glases hiernach aus der des Thones berechnet, so erh man 14,6, mit der einen dort angenommenen Gröſse völ übereinstimmend und von der andern so wenig abweichend, bei so schwankenden Elementen nur immer zu erwarten ist.

Endlich fehlt indeſs zur Berechnung der erforderlichen G ſsen noch eine sehr wesentliche Bestimmung, nämlich die Leitungsfähigkeit gewöhnlicher Mauersteine. Ist es gleich u möglich, diese mit völliger Sicherheit zu erhalten, so gla ich dennoch, daſs man zu einem sehr genäherten Werthe folgende Weise gelangen kann. Despretz fand das Wärmel tungsvermögen des gebrannten Thones $= 11{,}4$, des Marm $= 23{,}6$. Würde nun das Wärmeleitungsvermögen der Bru steine der des Marmors genau gleichgesetzt, so wäre sie

$$= \frac{0{,}8336 \times 23{,}6}{11{,}4} = 1{,}72;$$ wenn man aber berücksichtigt, die gemeinen Mauersteine meistens feuchter als Marmor s und diesemnach ihre Leitungsfähigkeit um 0,27 vermehrt, kann diese Bestimmung sich nicht weit von der Wahrheit fernen. In einigen Gegenden bedient man sich der marmor gen Kalksteine, zuweilen auch eines Kalktuffes zum Ma dessen Leitungsfähigkeit, eben wie die des Trachyts ohne Zw fel geringer ist, als des Marmors, und daher füglich auf herabgesetzt werden kann, für gemeine, sandsteinartige St setze ich dieselbe aber $= 2{,}00$.

Ehe von den hier erhaltenen, wahrscheinlich wenig sehr genäherten, Bestimmungen eine Anwendung auf die schiedenen Heizungsarten gemacht werden kann, ist noch wichtige Frage zu entscheiden, in welchem Verhältniſs die mehrte Dicke der Körper zu ihrem Leitungsvermögen st Böckmann[1] stellte Versuche mit Kugeln von 1 und 2 Z. Du messer an, wobei also die Wärme die einfache und dann doppelte Dicke der Hülle durchdringen muſste, und fand h für das Verhältniſs der Zeiten bei Wismuth $= 1 : 2{,}35$; Zink $= 1 : 2{,}08$; bei Hagebuchenholz $= 1 : 2{,}58$; wo also im Mittel das Ableitungsvermögen der Körper in ei

1 A. a. O. S. 133.

ſseren Verhältniſse als dem einfachen der Dicke abnimmt. eses folgt auch aus der Natur der Sache; denn da bei dem rchgange der Wärme durch jede gegebene Dicke eines leiten- n Körpers die nämlichen Hinderniſse zu überwinden sind, so ſs hieraus die Zeit des Durchganges im umgekehrten Verhält- se der Dicken stehen, und dieses Verhältniſs muſs noch da- rch wachsen, daſs die Wärme bei abnehmendem Unterschiede r Spannung die gleich groſsen Räume weniger schnell durch- uft[1]. Die hiernach festzusetzende Regel weicht zwar sehr n derjenigen ab, welche Wagenmann[2] hierüber aufgestellt t, wonach die Durchleitung den Cubikwurzeln aus den Dik- n der Körper umgekehrt proportional seyn soll; allein gegen se letztere, weder durch Theorie noch Erfahrung begrün- te, Regel streitet das Resultat der von Böckmann angestellten rsuche, eben wie die durch Biot[3] aufgestellte durch Des- etz bestätigte und durch Fourier[4] in einem sehr zusam- ngesetzten Calcüle dargelegte Theorie, wonach das Gesetz r Fortpflanzung der Wärme in den verschiedenen Körpern rch eine logarithmische Curve dargestellt wird. Endlich mmt auch die gemeine Erfahrung mit jenem Gesetze überein, lem zwei Fuſs und darüber dicke Hüllen der Feuerungs- ume bei Dampfmaschinen u. s. w. an der einen Seite glühend, der andern aber nur unmerklich warm zu seyn pflegen, und ſs man in kalten Wintern die Fenster mit dickem Eise über- gen findet, während solches an den Thüren und Wänden und nsterrahmen nicht zum Vorschein kommt. Man wird sich her von der Wahrheit nicht sehr entfernen, wenn man in der aktischen Anwendung zur Bequemlichkeit der Rechnung das setz annimmt, daſs die Wärmeleitung durch die verschiede- n Wände der erwärmten Räume den Dicken derselben umge- ehrt proportional ist. Dabei kommt jedoch sehr in Betrach-

---

1 Diese sehr elementare Darstellung des schwierigen Problems ag für den vorliegenden praktischen Zweck genügen. Sehr gelehrt dasselbe behandelt durch Fourier a. a. O.

2 A. a. O. S. 8.

3 Traité. IV. 666.

4 Als Resultat seiner Untersuchungen stellt Fourier a. a. O. p. . den Satz auf: Si l'on doublait l'épaisseur de l'enceinte, on au- it le même résultat, que si l'on employoit une substance, dont la nducibilité propre serait deux fois plus grande.

tung, daſs die eine Seite dieser Wandungen zuvor bis zu der geforderten Temperatur erhitzt seyn muſs, indem sonst die dikken Wandungen wegen der Gröſse ihrer Massen einer groſsen Menge der sie berührenden Luft ihre Wärme entziehen, und durch die niedergeschlagenen Dämpfe eine nasse Oberfläche erhalten.

7. Ein sehr bedeutender Wärmeverlust geheizter Räume entsteht durch die Risse, welche sich in groſser Menge in den Thüren und Fenstern, zum Theil auch selbst in den Decken und Wänden, namentlich zwischen den Fensterbänken finden, und ist um so bedeutender, je geringere Sorgfalt in manchen Gegenden auf die Dichtigkeit der Zimmer verwandt wird. Daſs die Quantität der hierdurch entweichenden warmen, und der eindringenden kalten Luft sehr bedeutend sey, dieses ist schon aus der groſsen Menge Luft ersichtlich, welche in einen gut ziehenden Windofen zu strömen pflegt, und bei verschlossenem Zimmer doch nothwendig durch jene Oeffnungen eindringen muſs. Um sie genau zu berechnen ist erforderlich, daſs die Weite der Risse, die Höhe derselben über dem Fuſsboden und der Unterschied der inneren und äuſseren Temperatur bekannt sind, indem hiervon die Geschwindigkeit der Luftströmung abhängt, wodurch dann wiederum die Menge der in einer gegebenen Zeit eindringenden kalten und ausströmenden warmen Luft bedingt wird. Dabei ist dann ferner zu berücksichtigen, daſs mindestens in den Wohnzimmern die Thüren mehr oder minder oft, die Fenster meistens einigemal täglich geöffnet zu werden pflegen, wodurch jederzeit mehrere Cubikfuſs warmer Luft entweichen. Weil es indeſs zu unbestimmt ist, wie oft das eine und das andere zu geschehen pflegt, so begnüge ich mich ohne genauere Berechnung mit der allgemeinen Bemerkung, daſs bei der Zimmerheizung auf den bedeutenden, hieraus erwachsenden, Wärmeverlust Rücksicht zu nehmen ist.

Die Weite der Fugenöffnungen und sonstiger Risse bei Thüren, Fenstern, in den Decken und Wänden nebst ihrer Höhe über dem Fuſsboden ist schwer zu bestimmen. Nach Tredgold[1] soll die Weite der Fugen einer gut schlieſsenden Thür $\frac{1}{200}$ F. betragen, erreicht aber meistens das Doppelte dieser Gröſse, und eben dieses ist der Fall bei jedem Fenster. Die

1 A. a. O. S. 44.

Höhe einer Thür setzt er im Mittel zu 7 engl. F., der leichteren Rechnung wegen nimmt er aber 8 F. an, den Unterschied der Temperatur aber = 26°,7 R. und berechnet dann nach einer ähnlichen Formel als diejenige ist, welche unten Nr. 31 mitgetheilt werden wird, die Menge der in jeder Minute durch eine Thür oder ein Fenster entweichenden warmen Luft zu 11,25 Cub. F. Man darf indeſs diese Bestimmung nur als eine genäherte betrachten, denn bei den Thüren befinden sich die Risse nicht an ihrer obersten Höhe, und bei den Fenstern ist die Höhe bedeutend gröſser. Dagegen muſs aber berücksichtigt werden, daſs die Geschwindigkeit, womit die warme Luft aus den oberen Oeffnungen der Thüren und Fenster entweicht, eine gleiche Geschwindigkeit des Einströmens der kalten in die unteren herbeiführt, so daſs also hiernach das gefundene Resultat füglich mit der Erfahrung bestehen kann. Nach Wagenmann[1] dagegen beträgt bei einer mittleren Temperaturdifferenz von 18° R. die Geschwindigkeit der durch die Risse in den Fenstern ausströmenden Luft 2,5 F. in einer Secunde, und wenn dann die Weite dieser Oeffnungen in jedem Fenster 4 Quadratzolle beträgt, so ist der Wärmeverlust in 1 Minute in genähertem Werthe auf 4 Cub. F. rheinl. zu setzen. Für eine Thür nimmt derselbe 6 Quadratzolle der gesammten Oeffnungen an, die Geschwindigkeit der Strömung dagegen nur $\frac{1}{3}$ so groſs, weil die Thüren in der Regel nicht ins Freie gehen, wonach der Wärmeverlust also geringer seyn muſs, und nur $\frac{6}{3} = 2$ Cub. F. in 1 Minute betragen soll. Die letztere Annahme läſst sich indeſs nicht wohl rechtfertigen; denn da die Geschwindigkeit der Strömungen sich verhält wie die Quadratwurzeln aus den Höhen und wie der Unterschied der Temperatur, so giebt dieses, die Thür zu 8 F. das Fenster zu 12 F. Höhe, die äuſsere Temperaturdifferenz zu 18°, die in den Gängen zu 12° angenommen ein Verhältniſs $= \frac{282}{346} \times \frac{12}{18} = \frac{3384}{6228}$, oder nahe $= \frac{1}{2}$.

Nehme ich die Höhe des Fensters zu 10 F. vom Fuſsboden an gerechnet, und einen Temperaturunterschied von 25° C., so ist die Geschwindigkeit der Luftströmung = 2,3 F. in der Secunde, und 1 Quadratzoll Oeffnung liefert mit Wagenmann übereinstimmend sehr nahe einen Par. Cubikfuſs warme Luft, welche in 1 Minute um die Differenz der inneren und äuſseren

1 A. a. O. S. 9.

Temperatur abgekühlt wird. Bei den Thüren, welche ohneh gewöhnlich einigemale des Tags geöffnet werden, zugleich ab die Nebenzimmer und Gänge so viel wärmer erhalten, je hä figer dieses geschieht, nehme ich 8 F. Höhe und 20° C. Ten peraturdifferenz an, in welchem Falle 0,6 Cub. F. Luft in Minute durch 1 Quadratzoll Oeffnung verloren werden. Fern scheint mir Wagenmann's Bestimmung der Gröſse der Oef nungen bei Fenstern und Thüren ungleich richtiger zu seyn, a die unbestimmtere von Tredgold, und so will ich dann gleic falls für Kittfenster 2 Z. und für Bleifenster 4 Z., für jede Th aber 6 Z. Oeffnung annehmen, in welchem Falle durch jed Kittfenster 2 F., durch jedes Bleifenster 4 F. durch jede Th aber 3,6 F. Luft in jeder Minute verloren werden.

8. Endlich giebt Tredgold nur oberflächlich, Wage mann [1] dagegen sehr genau die Wirkung gut schlieſsender Do pelfenster an. Hängt nämlich ein Thermometer innerhalb d Zimmers am Fenster, ein anderes zwischen beiden und ein dri tes auſserhalb, so wird ohne besonders modificirende Umstän das mittlere eine geringere Temperatur zeigen, als das arithm tische Mittel der inneren und äuſseren beträgt. Zeigt z. B. d innere 12° R., das äuſsere 0°, so wird das mittlere nur etwa bis 4° zeigen. Man darf sonach annehmen, daſs die Abkü lung durch doppelte Fenster nur den dritten Theil von derje gen durch einfache betrage, da sie der Temperaturdifferenz zw schen der inneren und äuſseren Wärme proportional ist.

Von den bisher mitgetheilten Untersuchungen läſst si leicht eine Anwendung auf die verschiedenen Arten der Heizu machen. So läſst sich danach berechnen, wie viel Brennma rial verwandt werden müsse, um eine gewisse Quantität Wa serdampf bei Dampfmaschinen zu erzeugen, oder eine gewis Menge Branntwein überzudestilliren, und wie viele Wärme da bei, so wie bei andern Heizungen, durch die aus Thon un gebrannten Steinen bestehende Umgebung des Feuerraumes ver loren wird. Unter den vielen hierher gehörigen Probleme wähle ich indeſs das weitläuftigste und schwierigste, nämlic die Heizung der Zimmer zur näheren Betrachtung, wobei zu erst der Wärmeverlust, und dann der Ersatz desselben durch d gangbaren Heizmethoden zu berücksichtigen ist.

---

1 A. a. O. S. 11.

9. Der Wärmeverluſt irgend eines gegebenen Zimmers in einer anzunehmenden Zeit-Einheit läſst sich auf keine Weise völlig genau berechnen, theils weil die oben aufgeſuchten Beſtimmungen nicht vollkommen genau seyn können, theils weil nicht füglich zu berechnende Nebenbedingungen einen ausnehmend bedeutenden Einfluſs ausüben. Dahin gehört insbesondere der Einfluſs des Windes auf die schnellere Abkühlung der äuſsern Wandungen und die durch Feuchtigkeit auſserordentlich vermehrte Leitungsfähigkeit der letzteren, wenn sie massiv sind, so daſs ich mich nicht weit von der Wahrheit zu entfernen glaube, indem ich diese letztere für diejenigen Wände und Fensterrahmen auf das Dreifache erhöhe, welche nach Auſsen frei stehen. Wird diesemnach angenommen, daſs ein Zimmer schon bis zu der erforderlichen Temperatur erwärmt und also den Wänden schon eine diesem entsprechende Wärme mitgetheilt sey, so wird der dauernde Wärmeverluſt oder die Abkühlung von der inneren zur äuſseren Temperatur in 1 Minute folgende Gröſsen betragen.

Ein Pariser Quad. F. Fensterglasfläche, nahe 1 Lin. dick angenommen, nach Nr. 5 . . . . = 0,300 Cub. F.

Dieselbe Fläche eichene Fensterrahmen zu 1 Z. dick nach Nr. 6. $= \frac{3 \times 0{,}68 \times 0{,}3}{12}$ . . 0,051 —

Thüren zu 1 Z. dick $= \frac{0{,}68 \times 0{,}3}{12}$ . . . . . . 0,017 —

Wände von gebrannten Steinen und Holz, wenn sie nach Auſsen gehen, 6 Z. dick $= \frac{3 \times 0{,}84 \times 0{,}3}{72}$ . . . . = 0,011 —

Dieselben, wenn sie an ungeheizte Räume stoſsen . . . . = 0,004 —

Wände von Bruchsteinen, 2 F. dick, wenn sie nach Auſsen gehen, $\frac{3 \times 2{,}0 \times 0{,}3}{288}$ = 0,0063 —

Dieselben, wenn sie an ungeheizte Zimmer oder Gänge stoſsen, 18 Z. dick $= \frac{2{,}0 \times 0{,}3}{216}$ = 0,0028 —

Dieselben unter gleicher Bedingung, von gebrannten Steinen, 12 Z. dick $= \frac{0{,}84 \times 0{,}3}{144}$ = 0,0018 —

Fuſsböden und Decken, 10 Z. dick, wenn sie zu einem, dem freien Luftzuge ausgesetzten Orte führen $= \frac{3 \times 0{,}84 \times 0{,}3}{120} = 0{,}0063$ Cub. F.

Dieselben, wenn sie an ungeheizte aber geschlossene Räume grenzen $= \frac{0{,}84 \times 0{,}3}{120} = 0{,}0021$ —

Daſs diejenigen Wände, Decken, Fuſsböden, Thüren und selbst auch Fenster, welche die geheizten Räume von andern geheizten trennen, bei der Berechnung gänzlich wegfallen, versteht sich von selbst.

10. Hierzu kommt dann noch der Wärmeverlust durch die Oeffnungen der Thüren und Fenster, welcher nach Nr. 7 leicht gefunden wird, und eine nicht unbedeutende Gröſse beträgt, desgleichen ein nicht leicht zu berechnender, welcher aus dem Durchgange der Luft durch die feinen Risse der Wände und hauptsächlich der Decken entsteht. Sind namentlich die Mauern schnell und nicht mit Sorgfalt gemauert, so bleiben zwischen den Steinen unvermeidliche Risse, welche zwar mit Mörtel überdeckt und an der Oberfläche durch Weiſsen, Anstrich oder Tapete verschlossen werden, dennoch aber die an sich nur geringe Ableitung durch die massiven Theile etwas erhöhen. Noch ungleich mehr ist dieses der Fall bei den aus Holzwerk und Ziegelsteinen oder geeigneten Bruchsteinen bestehenden Wänden, bei denen namentlich das Holz durch Austrocknen schwindet, und unvermeidliche, wenn gleich nicht allezeit sichtbare, Risse zurückläſst, und eben so bei den Decken, namentlich wenn sie in den oberen Stockwerken zu den luftigen Speichern führen. Wollte man dieses in Abrede stellen, so würde solches dahin führen, die Decken und Wände als luftdicht schlieſsend zu betrachten, welches aber gegen die bekannte Schwierigkeit streitet, irgend einen Raum luftdicht abzuschlieſsen. Für Fuſsböden und Wände, durch welche die warme Luft kein Bestreben hat, vermöge ihres Aufsteigens zu entweichen, mag daher dieser Wärmeverlust bloſs in sofern berücksichtigt werden, als er in manchen Fällen das schnellere Erkalten der Zimmer erklärt, bei den Decken aber glaube ich den Betrag der Risse = 0,00005 der ganzen Fläche annehmen zu dürfen, wenn sie zu ungeheizten Zimmern führen, und dreimal so groſs, wenn sie den Fuſsboden luftiger Speicher bilden,

wobei dann zugleich die in diesem Falle stattfindende gröſsere Leitungsfähigkeit berücksichtigt wird. Beträgt demnach die Höhe der Zimmer 14 F. und der Temperaturunterschied 25° C., so erhält die Luft eine Geschwindigkeit = 2,72 F. in einer Secunde, und es entweichen durch 1 Quadratzoll Oeffnung 1,13 Cub. F. Luft in 1 Minute, oder um für den Fall, daſs die Decke zum Speicher führt, sogleich mit 3 zu multipliciren, und den Factor 0,00005 allgemein beizubehalten, 3,4 Cub. F.; für eine Temperaturdifferenz von 20° C. aber, also wenn die Decke den Fuſsboden eines ungeheizten Zimmers bildet, beträgt die Strömungsgeschwindigkeit 2,17 F. in einer Secunde, und der Wärmeverlust 0,9 Cub. F. für 1 Quad. Z. Oeffnung in 1 Minute.

11. Um an einigen Beispielen zu zeigen, auf welche Weise in gegebenen Fällen die Berechnung des Wärmeverlustes anzustellen sey, möge Folgendes dienen. Es werde angenommen in Pariser Maſs ein Zimmer 16 F. breit, 18 F. tief, 14 F. hoch, dasselbe habe zwei Fenster, jedes 6,0 F. hoch, 3,5 F. breit und zwei Thüren, jede 7,5 F. hoch und 3,5 F. breit, zwei der Wände mögen ins Freie gehen, die beiden andern an ungeheizte Räume grenzen, so giebt dieses folgende Werthe.

27,5 Quad. F. Glasfläche geben 27,5×0,3	8,25	Cub. F.
14,5 — — Holzfläche — 14,5×0,051 . .	0,74	—
Zwei Fenster mit Sprossen, jedes 2 Z. Oeffnung .	4,00	—
Zwei Thüren zu 52,5 Q. F. = 52,5×0,017 . .	0,89	—
Dieselben, jede zu 3,6 F. Verlust durch Risse . .	7,20	—
1. Gesamtverlust durch Kittfenster und Thüren .	21,08	—
2. — — — Bleifenster	25,08	—
Fensterwand nach Auſsen 182 Quadrat Fuſs = 182×0,0063 . . . . =	1,15	—
Desgleichen zweite = 252 Q. F. = 252×0,0063 .	1,59	—
Beide Wände, an Gänge oder Zimmer grenzend, nach Abzug der zwei Thüren 423,5 Q. F. = 423,5×0,0028 . . . . =	1,20	—
3. Gesamtverlust durch die Wände	3,94	—
Beständen die beiden ersteren aus Holz und Steinen, so gäben sie 434×0,011	4,774	—
Die beiden letzteren in diesem Falle 423,5×0,004 .	1,694	—
4. Gesamtverlust durch die Wände	6,47	—

5. Fuſsboden und Decke dem freien Luftzuge ausgesetzt, geben 576 $\times$ 0,0063 . . . . . . = 3,63 Cub.

6. Dieselben ohne dem freien Luftzuge ausgesetzt zu seyn = 576 $\times$ 0,0021 . . . . 1,21 —

7. Verlust durch die Decke nach Nr. 10 im ersten Falle = 288 $\times$ 144 $\times$ 0,00005 $\times$ 3,4 . . . . 7,45 —

8. Desgleichen im zweiten Falle = 288 $\times$ 144 $\times$ 0,00005 $\times$ 0,9 . . . . = 1,87 —

9. Beständen endlich die beiden, an ungeheizte Zimmer oder Gänge grenzenden Wände aus gebrannten Steinen zu 12 Z. Dicke, so wäre der Wärmeverlust = 423,5 $\times$ 0,0018 . . = 0,76 —

Für ein Zimmer von der angegebenen Gröſse und Einrichtu in einem massiven Hause wäre also der Wärmeverlust aus Nr. Nr. 3, im Mittel aus Nr. 5 und 6, desgleichen aus Nr. 7 zusa mengenommen = 21,08 + 3,94 + 2,42 + 7,45 = 34,89 P Cub. F. Luft, welche in 1 Minute um die Differenz der inn ren und äuſseren Temperatur abgekühlt werden. Diese Grö kann nach Nr. 2 auf 38,89 wachsen, wenn dasselbe Bleifens hat, oder auf 29,31 nach Nr. 8 herabgehen, wenn die Dec nicht durch einen, dem freien Luftzuge ausgesetzten Raum b grenzt ist. Wären die innern Wände von der in Nr. 9 ang nommenen Beschaffenheit, so betrüge jene obere Gröſse 34, Cub. F. Für ein Zimmer mit Wänden aus Holz und Stei würde statt Nr. 3 vielmehr Nr. 4 zu setzen seyn, und jene Gr ſse daher auf 37,42 Cub. F. wachsen, mit Bleifenstern also 41,42 u. s. w. ohne den bedeutenden Verlust durch geöffn Thüren und Fenster zu berücksichtigen. Diese Bestimmung gelten indeſs nur für die angegebene und eine wenig versch dene Temperaturdifferenz. Da aber die Strahlung der Wär bei gröſserer Intensität derselben so bedeutend wächst, so gla be ich der Wahrheit am nächsten zu kommen, wenn ich anne me, daſs die auf die angegebene Weise gefundene Gröſse $\left(\frac{\Delta t}{25}\right)^2$ multiplicirt werden muſs, um ein richtiges Resultat erhalten, wenn Δt den Temperaturunterschied der inneren u äuſseren Luft in Centes. Graden bezeichnet.

Das hier gefundene Resultat der Abkühlung geheizter Zi mer ist geringer, als die beiden bedeutendsten Gewährsmän

Tredgold und Wagenmann dasselbe angeben; allein da es sich auf die Ergebnisse genau angemessener Versuche stützt, so muſs es bis zu näheren Bestimmungen beibehalten werden. Wenn aber aus der gemeinen Erfahrung zu folgen scheint, daſs bei der gewöhnlichen Heizung eine stärkere Abkühlung stattfindet, so ist dieses eine Folge davon, daſs meistens die Fenster und Thüren der Zimmer nicht so fest schlieſsen, als hier angenommen ist, die Wände sind nicht selten rissiger, als sie der Rechnung nach seyn sollten, und sehr feuchte Mauern geben all ohne Zweifel eine über die angenommene Regel hinausgehende Abkühlung. Auſserdem aber beträgt der Inhalt des angenommenen Zimmers nur 4032 Cub. F. und es würde dasselbe allein $\frac{4032}{34,89}$ Min. d. h. in 1 Stunde 53 Min. gänzlich abgekühlt seyn, r es würde innerhalb einer Stunde nach dem Versiegen der rmequelle um nahe $\frac{1}{2}$ der Temperaturdifferenz herabsinken, ches gewiſs mit der Erfahrung genau genug übereinstimmt.

12. Soll also ein gegebenes Zimmer fortdauerd bei der leren Temperatur erhalten werden, so muſs eine gewisse mequelle vorhanden seyn, welche die stets fortdauernde ühlung unausgesetzt compensirt. Um die erforderliche ksamkeit dieser letzteren mehr als bloſs oberflächlich zu tzen, müſste die Gröſse der Temperaturdifferenz gegeben seyn, da diese bekanntlich an den verschiedenen Orten der Erde zu verschiedenen Zeiten sehr ungleich ist, so bleibt nichts g, als eine gewisse normale Gröſse hierfür festzusetzen, weldann in sofern leicht auf andere Fälle anwendbar ist, als die erforderliche Wärmeproduction der Gröſse der Tempeifferenz direct proportional setzen kann. Zwei Wärmeen werden gewöhnlich weder bei den theoretischen Unterngen über die Zimmerheizung[1], noch bei der praktischen ndung derselben in Rechnung genommen, und dennoch ie keineswegs so unbedeutend, als man hiernach schlieſsen , nämlich die durch den Lebensprocess der Menschen und rch das Brennen der Lichter gegebene. Weil sich indeſs ſserordentliche Wärme in hell erleuchteten und mit Menüberfüllten Zimmern hieraus erklärt, so will ich in genän Werthe auch diese Gröſsen zu bestimmen suchen.

---

[1] Fourier a. a. O. gedenkt derselben allerdings ohne nähere mung.

Ein gesunder erwachsener Mensch verwandelt[1] nach Al und Pepys in 24 Stunden 5148 Gran engl. Kohlenstoff in Ko lensäure, und da die durch den Lebensproceſs erzeugte Wär nach Lavoisier gröſser ist, als die durch bloſses Verbrenn so können wir diese Angabe, als die gröſste unter allen beib halten, wenn wir zugleich annehmen, daſs ein Gran Kohle stoff beim Verbrennen 40 Gran Eis zum Schmelzen bringt, w nach also jene 5148 Gran zusammen 205920 Gran Eis von 0° Temperatur zu schmelzen vermögen. Indem aber 5760 en Grane 1 Pf. Troy Gewicht oder 372,9986 Grammes betrag 1 Gran Wasser aber ein Cub. Centimeter bildet, ein Me 443,296 Par. Lin. ausmacht[2], das Eis aber 75° C. also 3× Cent. Grade Wärme gebraucht, um flüssig zu werden, das Ve hältniſs des Luftvolumens zu dem des Wassers aber bei gleich Gewichte = 1:0,001299 und die Wärmecapacität beider 0,2669 : 1 ist, so reicht diese Wärmeproduction hin,

$$\frac{3\times205920\times372{,}9986\times443{,}296^3}{1000000\times5760\times0{,}001299\times0{,}2669\times144^3}=3444 \text{ Par. C}$$

F. Luft, also in 1 Minute 2,4 Cub. F. Luft um 25° C. Wär zu erhöhen. Es ist indeſs bekannt, daſs der Lebens- und Ve brennungs-Proceſs der Menschen nicht zu allen Zeiten glei ist, und da er bei der Anstellung jener Versuche schon weg der Aufmerksamkeit auf dieselben gesteigert seyn muſste, kann jene gefundene Gröſse für solche Individuen, welche lebhafter Bewegung sind, z. B. Tanzende oder Handarbeiter, f lich beibehalten, für Stillsitzende aber auf die Hälfte herab setzt werden, um auf allen Fall kein zu groſses Resultat zu halten, und die Angabe über die Menge des verbrannten Ko lenstoffs von Allen und Pepys mit der von Lavoisier au zugleichen.

Auf gleiche Weise reicht 1 Pf. Oel oder Unschlitt na Dalton[3] beim Verbrennen hin, um 104 Pf. Eis von 0° Temperatur zu schmelzen. Wird also, mit Rücksicht auf et leichteres Gewicht, angenommen, daſs im Mindesten 8 Lich auf 1 Pf. gehen, und ein solches 10 Stunden brennt, so erzeu mit Beibehaltung der oben angewandten Werthe 1 Unschlittli

1 S. *Athmen*. Th. I. S. 422.

2 Vergl. *Maſs*.

3 Gmelin Handbuch d. Chemie. I. S. 149. Vergl. *Wärme*.

oder eine diesem gleiche Oellichtflamme in jeder Minute eine Wärme, wodurch 2,04 Cub. F. Luft um 25° C. erhöhet werden, eine Gröſse, welche bei der Genauigkeit der zum Grunde liegenden Bestimmungen unverändert beibehalten, oder auf 2,1 erhöhet werden kann. Rechnet man also für ein Zimmer von der angegebenen Gröſse 2 Lichter und 4 Menschen, so werden diese den berechneten Wärmeverlust des einmal geheizten Zimmers um nahe $\frac{7}{15}$ oder um $\frac{1}{3}$ wieder ersetzen, ohne den bedeutenden Abgang durch Oeffnen der Thüren und Fenster in Anschlag zu bringen.

Alle übrige, und wo die angegebenen Ursachen fehlen, alle Wärme der Gemächer wird durch Verbrennung eines Brennmaterials erzeugt, und die Art, wie dieses geschieht, oder die Wärme den Zimmern zugeführt wird, heiſst dann die Heizung derselben. Obgleich die verschiedenen Heizungsarten manches mit einander gemein haben, so unterscheiden sie sich doch in einigen wesentlichen Puncten, weswegen ich die vorzüglichsten derselben einzeln beschreiben werde, nämlich die Canal-Heizung, die Ofenheizung, die Luftheizung und die Dampfheizung, und werde ich mich bei vorkommenden gleichen Bedingungen dann auf das schon Gesagte wieder beziehen.

13. Die *Canalheizung* wird hauptsächlich nur zur Erwärmung der Treibhäuser deswegen angewandt, weil man dadurch die Wärme dem Boden der groſsen Räume nahe bringen, sie sehr gleichmäſsig vertheilen und manche Gewächse, welche viele Hitze bedürfen, sehr nahe mit den warmen Canälen in Berührung bringen kann, wogegen die sonst am meisten gebräuchliche Ofenheizung für die groſsen Räume der in der Regel nicht dicht gebaueten Treibhäuser an einigen Stellen zu groſse Hitze geben, an andern aber die Pflanzen nicht gegen das Erfrieren sichern würde. Die Canäle sind meistens von quadratischem oder rectangulärem Queerschnitte aus gebrannten Steinen so gemauert, daſs sie vom Ofen aus wenig ansteigend nicht viel über den Boden der zu heizenden Räume erhaben der Länge nach an den Seiten der Wärmehäuser hinlaufen, die aus dem Ofen kommende heiſse Luft nebst dem Rauche durch sich hindurchleiten, und am Ende aus einem gerade aufsteigenden Schornsteine entweichen lassen. Zuweilen sind diese Canäle mit guſseisernen Platten, der gröſseren Haltbarkeit wegen, bedeckt oder ganz daraus gefertigt. Die Hauptsache beruhet darauf, daſs der am Ende befindliche Schornstein gut zieht, um hierdurch zugleich

einen Zug in den wenig ansteigenden Canälen zu bewirken, we
ſonst der gröſste Theil der im Ofen erhitzten Luft aus der zu
Einheizen dienenden Oeffnung desselben entweicht, und u
benutzt verloren wird. Auf allen Fall ist diese Heizungsart d
letzteren Umstandes wegen nicht holzersparend und in der A
lage oft unsicher rücksichtlich der Erreichung des beabsichtigt
Zwecks, indeſs lassen sich hierfür keine weiteren Regeln ang
ben, als daſs es gut ist, den Ofen so tief zu legen, und d
Schornstein so hoch zu machen, als es die Localität verstatt
um den Zug hierdurch zu befördern.

Auſserdem dient, oder diente vielmehr früher, ehe d
Luftheizung allgemeiner bekannt war, die Canalheizung au
zur Erwärmung der Zimmer in Pallästen. Die Stubenöfen
der Art haben nämlich das Unangenehme, daſs sie in ihrer N
he eine überaus groſse Hitze verbreiten, die Wirkung ihrer E
wärmung aber nicht auf groſse Fernen erstrecken, mithin si
für sehr geräumige Säle nicht eignen, wo sie ohnehin oft nic
symmetrisch angebracht werden können und somit leicht m
oder weniger entstellen. Man suchte daher die Fuſsböden u
Wände zu erwärmen, um die Ableitung der Wärme durch di
se zu hindern und noch auſserdem den erforderlichen Wärm
überschuſs für die nicht erwärmten Wände, Thüren und Fe
ster, desgleichen für die im Zimmer befindliche Luft von ih
zu gewinnen. Zu diesem Ende werden Röhren, meistens v
Eisenblech, in den Wänden und unter dem Fuſsboden hin
führt, mit einem groſsen Ofen in Verbindung gesetzt, und l
ten auf diese Weise den heiſsen Rauch und die erhitzte L
aus demselben durch sich hindurch, um den gewünschten E
fect hervorzubringen. Die Einrichtung hat die so eben beme
ten Nachtheile und ist noch auſserdem wegen möglicher Feu
gefahr gefährlich, wie man mich denn glaubhaft versichert h
daſs das Schloſs in Cassel unter der Regierung des Königs J
ROME NAPOLEON durch diese Veranlassung abgebrannt s
Das allgemeinere Bekanntwerden der Luftheizung wird di
Methode gänzlich verbannen.

14. Die *Ofenheizung*, die gemeinste unter allen, best
darin, daſs man Oefen in die Zimmer setzt, das Brennmate
darin verbrennen läſst, und die hierdurch erzeugte Wärme d
Zimmern unmittelbar mittheilt. Sie ist, unter übrigens gleich
Bedingungen, im Allgemeinen die mindest kostspielige und

erste rücksichtlich der gewissen Erreichung des beabsichtig- Zwecks einer hinlänglichen Erwärmung, wenn die Zimmer t allzu groſs sind, wie Fabrik- Concert und Tanz-Säle, eater, Kirchen u. s. w. Dagegen haben die Stubenöfen mehr r minder den schon gerügten Nachtheil einer ungleichen Ver- ilung der Wärme, indem sie bei groſser Hitze in ihrer Nä- die entfernteren Theile der Zimmer kalt lassen, und daſs die n ihnen ausstrahlende Wärme überhaupt unangenehm afficirt. brigens ist die Ungleichheit der durch sie bewirkten Erwär- ung der Zimmer in sofern oft vortheilhaft, als die verschiede- n Bewohner derselben nach ihrer individuellen Disposition h in geringerer oder gröſserer Entfernung von ihnen aufhal- können. Bei den Oefen kommt dann das Material, woraus bestehen, ihre Form und Gröſse in nähere Betrachtung.

15. Im Allgemeinen ist das Materiale der Oefen entweder sen oder Thon; denn obgleich auch Kupfer sich wegen sei- r mehr als doppelt so groſsen Wärmeleitung sehr gut dazu gnen würde, so ist es doch theils zu kostbar, theils verbreitet erhitzt leicht einen unangenehmen Geruch, würde in groſser itze sich leichter biegen und mehr verzehrt werden und auſser- em würde seine gröſsere Ausdehnung leicht ein Abfallen des ittes verursachen. Die übrigen Metalle, welche man wohl azu benutzen könnte, sind theils zu kostbar, theils zu leicht lüssig für den erforderlichen Grad der Hitze, und so wird das Eisen, welches sich in jeder Hinsicht sehr gut dazu eignet, aus- chlieſslich dazu verwandt. Ferner wählt man in der Regel uſseisen, weil dieses am wohlfeilsten ist, und am leichtesten n der hierfür paſslichen Form dargestellt werden kann; auſser- lem aber Eisenblech theils in Absätzen zwischen den Theilen on Guſseisen, theils als Aufsätze auf guſseisernen Heizkasten, heils für die ganzen Oefen. Das Eisenblech hat den Vorzug, daſs es die Wärme leichter durchläſst, dagegen aber ist es theu- er und verbrennt wegen seiner unbedeutenden Dicke leichter, weswegen es sich für den Heizkasten nicht eignet. Ohnehin sind bloſs die alten Oefen aus den Zeiten, als die Kunst des Gieſsens noch unvollkommener war, dick und schwerfällig, die neuen aber haben kaum mehr als zwei bis vier Linien Metall- stärke, so daſs man aus dieser Ursache nicht genöthigt ist, zu dem dünneren Bleche seine Zuflucht zu nehmen. Eiserne Oe- fen haben in einem hohen Grade den schon gerügten Nachtheil,

daſs sie die Wärme stark ausstrahlen lassen und deswegen in ihrer Nähe unangenehm afficiren, auch verbreitet das Eisen, wenn sie sehr stark geheizt werden, theils an sich, theils durch den leicht in ihnen verbrennenden Ruſs einen übelen Geruch, endlich nehmen sie sehr schnell eine grelle Hitze an und geben diese in kurzer Zeit wieder ab, so daſs sie also bald erkalten und eine oft wiederholte Erneuerung des Feuers, eine sorgfältigere Wartung, ein häufigeres Nachlegen erfordern. Berücksichtigt man dagegen aber, daſs sie die Zimmer ungleich schneller erwärmen, bei groſser Kälte die Hitze bedeutend weiter zu treiben vermögen, als thönerne von gleicher Gröſse, daſs das sogenannte Nachhalten der Wärme in fest gebaueten Zimmern weniger erforderlich ist und zum Theil durch die erwärmten Wände selbst geschieht, in minder dichten aber wegen steter Erkaltung auch eine ununterbrochene Erneuerung der Wärme erfordert wird, daſs dicke thönerne Oefen zu ihrer Erwärmung eine längere Zeit bedürfen, während welcher ein groſser Theil der Hitze in die Schornsteine entweicht, und daſs endlich die eisernen Oefen die dauerhaftesten sind, nach langem Gebrauche aber von ihrem Metallwerthe nicht sehr viel verloren haben, so kann ihnen im Ganzen der gröſsere Vorzug nicht abgesprochen werden.

16. Der thönernen Oefen giebt es sehr verschiedene Arten. Die schlechtesten unter ihnen werden aus gebrannten Steinen aufgemauert und mit Lehm überstrichen, müssen daher dick und unförmlich seyn, wenn sie gehörige Haltbarkeit haben sollen. Man kann indeſs über einen eisernen Heizkasten aus ganz gewöhnlichen gebrannten Steinen einen Ofen von beliebiger Form aufführen, mit Lehm oder Töpferthon überziehen, mit Wasserfarbe marmoriren oder auf sonstige Weise anstreichen, und auf diese Art mit wenigen Kosten einen verhältniſsmäſsig hinlänglich eleganten Ofen erhalten. Die gewöhnlichen thönernen Oefen sind von Fayance und aus einzelnen Stücken, den sogenannten Kacheln, zusammengesetzt, weswegen sie auch Kachelöfen genannt werden. Diese Kacheln können mehr oder minder kostbar seyn, und bis zu ächtem Porzellan gesteigert werden, in welchem Falle sie sich indeſs nur für die Prachtzimmer der Paläste eignen. Die Kachelöfen insgesammt haben der Dauerhaftigkeit wegen eine eiserne Bodenplatte, zuweilen einen eisernen Heizkasten und zuweilen dient die Fayance oder das

rzellan nur zum Ueberzuge eiserner Oefen, in welchem Falle zwar dauerhaft und gut, aber auch sehr kostbar sind. Die rzüge der thönernen Oefen bestehen darin, daſs sie die oben rähnte starke Strahlung der eisernen vermeiden; ihre Wärme-ung verhält sich nämlich zu der des Eisens nach Despretz[1] e 11,4 zu 374,3 und auſserdem sind ihre Wände 6 bis im chsten Falle 30 mal so dick als bei den eisernen, woraus eses mehr als genügend erklärlich wird. Hierzu kommt dann, ſs Menschen, Zeuge und Sachen, welche mit ihrer Oberfläche Berührung kommen, weniger leicht verbrannt werden, daſs an an ihnen die mannigfaltigsten geschmackvollen Formen und höne Farben anbringen kann, und auſserdem pflegen sie sel-n den unangenehmen Geruch der eisernen Oefen zu verbrei-n, wenn sie erst durch mehrmaliges starkes Heizen gehörig sgetrocknet und die etwa in ihrer Masse enthaltenen organi-hen Stofte zerstört sind. Endlich halten die thönernen Oe-n die Wärme ungleich länger an sich, als die eisernen, und ind daher weit mehr geeignet, den steten Wärmeverlust der immer ohne Unterbrechung wieder zu erneuern und somit eine ngenehmere, mehr gleichmäſsige Temperatur zu erhalten. Die rsache hiervon liegt theils in der gröſseren Wärmecapacität des hones, theils in der ungleich gröſseren Masse der aus demselben erfertigten Oefen. Die specifische Wärme des gebrannten Thones wird nämlich durch Kirwan = 195, des Eisens durch Crawford = 127 gesetzt, und nach J. T. Mayer's Formel berechnet[2] ist ihr Verhältniſs = 209:158, so daſs man sie nahe als doppelt so groſs annehmen kann, und wird dann die Masse eines Kachelofens dreimal so groſs angenommen, so nimmt derselbe sechsmal so viele Wärme auf, als ein eiserner, welche er dann dem allmälig erkaltenden Zimmer wieder mittheilt. Man-

---

1 Ann. Ch. P. XXXVI. 422.

2 Boeckmann Vers. über Wärmeleitung u. s. w. S. 113. Wagenmann a. a. O. S. 15 giebt das Verhältniſs = 4:1 an. Da aber die Versuche nicht angegeben sind, wodurch diese Bestimmung aufgefunden ist, und sie von den älteren und dem Resultate der Rechnung zu sehr abweicht, so kann ich ihr ohne nähere Prüfung nicht beitreten. Auſserdem wird die spec. Wärmecapacität nach der Masse bestimmt, und da das spec. Gew. des Thons etwa = 2 des Eisens = 7 ist, so muſs für das Volumen beider noch das Verhältniſs 1 : 3,5 in Rechnung genommen werden.

che schlagen diesen Vorzug sehr hoch an, und es unterliegt keinem Zweifel, daſs die längere Zeit hindurch verbreitete mildere Erwärmung sehr angenehm ist. Dagegen aber läſst sich nicht in Abrede stellen, daſs ein thönerner Ofen schon eine geraume Zeit geheizt seyn muſs, ehe er anfängt das Zimmer zu erwärmen, und daſs durch die zwar seltener erforderliche, aber dann auch länger dauernde und stärkere Heizung eine gröſsere Menge von heiſser Luft und Rauch in den Schornstein entweicht; auſserdem aber ist das Eisen nach Boeckmann's Versuchen[1] ein schlechterer Wärmeleiter als Thon, in so fern es die einmal erhaltene Wärme längere Zeit an sich hält, u. z. im Verhältniſs von 944 : 332, wodurch der Einfluſs der specifischen Wärmecapacität wieder aufgehoben wird, insofern er hierin schon begriffen ist, und ein thönerner Ofen müſste also 6 mal so viele Masse haben als ein eiserner, wenn er doppelt so lange Zeit die Wärme erhalten sollte.

Dieses Resultat steht indeſs mit der Erfahrung im Widerspruche, und muſs dieses auch nothwendig, weil Boeckmann bei seinen Versuchen auf die dem spec. Gewichte proportionale gröſsere Masse des Eisens keine Rücksicht genommen hat. Wird demnach das angegebene Verhältniſs hiermit multiplicirt, so erhält man $\frac{944}{332} \times \frac{2}{7} = \frac{1888}{2324}$, und die Wärmeableitung des Thons verhält sich zu der des Eisens = 1 : 1,229. Zugleich aber leitet der Thon die Wärme mit Eisen verglichen nach Despretz im Verhältniſs von 11,4 : 374,3. Nehmen wir diese letztere Gröſsenbestimmung als genau an, so würde ein thönerner Ofen von gleicher Masse mit einem eisernen, also bei gleicher Form von etwas mehr als 3,5, fast 4 mal dickeren Wänden, beide durch eine gleiche Quantität Brennmaterial erheizt, vom Anfange der Heizung an bis zur völligen oder bis zu einer nahe gleichen Erkaltung $\frac{374{,}3}{1{,}229 \times 11{,}4} = 26{,}8 : 1$ Zeit bedürfen, oder der erstere würde nahe 27 mal so spät erkalten, als der letztere. Eine genaue und völlig scharfe Prüfung dieses Resultates durch die Erfahrung ist unmöglich, denn unter Umständen könnte ein eiserner Ofen schon wieder erkaltet seyn, ehe der thönerne nur die gröſste Hitze seiner Auſsenfläche annähme, im Ganzen aber stimmt dasselbe mit der Erfahrung nahe genug überein, und es

1 A. a. O. S. 97 u. 100.

gt aus demselben also, daſs ein thönerner Ofen 27 mal so ige die Wärme halten, im Mittel aber nur $\frac{1}{27}$ so viel abgeben irde, als ein eiserner, die übrigen Bedingungen bei beiden iander gleich gesetzt. Auf allen Fall ergiebt sich hieraus mit r Erfahrung übereinstimmend, daſs der erstere bei weitem igere Zeit eine mildere und durch Strahlung ungleich weniger angenehme Wärme verbreitet, als der letztere.

Ohngeachtet ich indeſs die Vorzüge der thönernen Oefen ineswegs verkenne, so bin ich dennoch geneigt in Gemäſsheit er Resultate aus zwei Versuchsreihen, in denen das nämliche mmer zuerst mit einem eisernen und dann mit einem thöner-n Ofen geheizt wurde, den ersteren im Ganzen den Vorzug nzuräumen, unter der Voraussetzung, daſs sie gut construirt, cht zu stark von Metall sind und daſs die Feuerung sorgfältig girt wird[1]. Oefen mit einem eisernen Heizkasten und einem önernen Aufsatze vereinigen so ziemlich die Vorzüge beider, nd sind daher sehr empfehlenswerth, jedoch reicht meine Er-ihrung nicht hin, um über die entschiedenen Vorzüge der drei enannten Arten ein festbegründetes Urtheil bestimmt auszu-prechen.

17. Die Form der Oefen ist sehr mannigfaltig, so daſs es i diesem Orte sogar zweckwidrig seyn würde, sie in nur eini-em Grade vollständig beschreiben zu wollen. Auſserdem hat nan insbesondere in den neuesten Zeiten angefangen vielfach laran zu künsteln, hauptsächlich in der Absicht, die glühende Luft ind den heiſsen Rauch im Ofen durch Verbreitung ihrer Wärme iach Auſsen mehr abzukühlen, und die äuſsere Luft mit der äu-ſseren Oberfläche der Oefen mehr in Berührung zu bringen, um hr die erzeugte Wärme besser mitzutheilen und zugleich stär-

1 Weil dieses letztere nicht eben leicht zu erreichen ist, so giebt Wagenmann a. a. O. S. 15. den thönernen den Vorzug, und ich will nicht leugnen, daſs es schwer seyn dürfte, das Gegentheil über-zeugend darzuthun. Die von ihm angenommenen Gröſsenbestimmun-gen sind indeſs, nach den so eben mitgetheilten, nicht genau richtig. Uebrigens stimme ich dem Urtheile Wagenmann's vollkommen bei, wenn er S. 18. sagt: „Wo man eine schnelle Erwärmung für kurze „Zeiten bedarf, da sind eiserne Oefen zweckmäſsiger; sie werden „auch bei guter Feuereinrichtung, sorgfältiger Heizung und nachhe-„rigem dichtem Verschluſs keinen gröſseren Wärmeverlust verursa-„chen, als die Kachelöfen, niemals aber die gleichmäſsige Erwär-„mung wie diese geben."

kere Strömungen derselben in den Zimmern zu veranlassen. viel ist mit Sicherheit ausgemacht, daſs wegen der gering Leitungsfähigkeit der Luft kein Ofen im Stande seyn wür seine Wärme bis auf 8 oder 12 F. Entfernung fortzupflanz wenn die Luft ohne alle Bewegung bliebe, und die Erwärmu eines Zimmers ist daher nur dadurch möglich, daſs die den O umgebende erwärmte Luft statisch aufsteigt, und somit der unten wieder herbeiströmenden kalten Luft den Zutritt zur Ob fläche des Ofens verschafft, um dort gleichfalls erwärmt zu w den, und dann aufzusteigen. Es leidet eben daher keinen Zw fel, daſs diese anhaltende Luftströmung, welche für die all meine Verbreitung der Wärme so nothwendig ist, durch ei der vorgeschlagenen Mittel befördert wird; von der and Seite aber ist auch dahin zu sehen, daſs die durch eine verbreitete Strahlung von der Oberfläche des Ofens aus erze Wärme, und die hieraus hervorgehende schnellere Mitthei derselben, nicht verloren werde. Viele der vorgeschlagenen besserungen der Stubenöfen haben indeſs die gehegten Er tungen nicht befriedigt, u. z. deswegen, weil man schon Allgemeinen annehmen darf, daſs allzukünstliche Vorrichtu minder brauchbar sind, weil sie neben der Erreichung de nen Zwecks einem anderen gleich wichtigen entgegenwi Mir scheinen daher bei der Einrichtung der Oefen nur folg drei Stücke eine stete Berücksichtigung zu verdienen, näi erstens, daſs das Brennmaterial schnell und vollständig verbre zweitens, daſs die hierdurch erzeugte heiſse Luft mit wen Rauche (wegen vollständiger Zersetzung) ihre Wärme grö theils durch die Wandungen des Ofens abgebe, um nicht u in den Schornstein zu entweichen; und drittens, daſs auc unteren Theile der Zimmer hinlänglich an der Erwärmung nehmen. Dieses Letztere wird dadurch erreicht, wenn den Feuerraum des Ofens nicht zu hoch stellt, indem son kältere, wegen ihres gröſseren Gewichtes herabsinkende schicht in eine Art von Stagnation versetzt werden kann, möge welcher sie an den Strömungen der übrigen Luftschi gar keinen oder nur einen geringen Antheil nimmt. Die gen beiden wesentlichen Bedingungen werden durch vers dene Constructionen der Oefen besser oder schlechter err so daſs man nicht füglich die eine oder die andere als aussch lich geeignet und die übrigen sämmtlich als untauglich da

kann, wie schon von selbst daraus folgt, daſs die verschie-
sten Arten noch immer angewandt und von vielen als die
üglichsten der Erfahrung nach betrachtet werden.

18. Die Oefen sind entweder sogenannte Windöfen, wel-
in den Zimmern eingefeuert werden, oder Caminöfen. Wel-
von beiden Arten der Vorzug gebühre, ist schwer zu ent-
den. Ziemlich allgemein wird angenommen, daſs die er-
mehr Brennmaterial erfordern, und dieses ist im Ganzen
ungegründet. Um aber in dieser wissenschaftlichen Un-
hung nicht bei einer allgemeinen Empirie stehen zu blei-
ögen folgende näherungsweise richtige Gröſsenbestimmun-
ar Entscheidung dienen. Aus einigen, vor längerer Zeit
ellten Versuchen fand ich, daſs sogenanntes gut ausge-
etes (lufttrocknes) Holz, nachdem es mehrere Tage unter
Zimmerofen gedürret war, etwa $\frac{1}{8}$ seines Gewichtes ver-
atte. Es läſst sich nicht mit hinreichendem Grunde an-
, daſs das zum gewöhnlichen Verbrennen verbrauchte
inen solchen Grad der Trockenheit habe, als jenes zur
itung bestimmte, noch daſs durch die von mir ange-
Austrocknung alles Wasser aus demselben entfernt sey.
ier auf allen Fall keine zu groſse Werthe zu erhalten
vir annehmen, gemeines, gut lufttrocknes Holz enthalte,
sser und 0,84 verbrennliche Stoffe. Man kann ferner
n, daſs wohl ausgetrocknetes Holz im Mittel nach Rum-
43 Kohle liefert, und so wird man sich von der Wahr-
sehr entfernen, wenn man voraussetzt, daſs der Rest beim
en als Kohlenwasserstoffgas zu betrachten sey. Nach
[2] aber erfordert 1 ℔ des letzteren zum Verbrennen 4 ℔
gas, 1 ℔ Kohle aber 2,8 ℔ dieser Gasart, mithin ver-
verbrennendes Holz $0,43 \times 2,8 + 0,41 \times 4 = 2,8$ ℔
gas, und zersetzt also unter der Voraussetzung einer
gen Verzehrung von allem Sauerstoffgas der atmo-
n Luft $\frac{2,8}{0,21} = 13$ ℔ Luft, oder 143 Cub. F. Wenn
nach einer allerdings sehr unsicheren Bestimmung an-
aſs bei gut getrocknetem Holze vom Anfange seines

weigg. J. VIII. 160.

neues System des chem. Theils d. Naturw. übers. von
. 1812. II Vol. 8. I. 91.

Brennens an bis zur vollständigen Verzehrung der Kohlen Minuten erfordert werden, und ein Zimmer von den in N angenommenen Dimensionen zur Erwärmung bei einem Temperaturunterschiede von 25° C. für eine einmalige Heizung Holz bedarf, so verzehren diese in jeder Minute 14,3 Cu Luft. Nach der ebendaselbst aufgestellten Berechnung d aber in ein solches Zimmer eindringen: durch die Fenster durch die Thüren 7,20, durch die Decke 7,45, also zusam 18,45 Cub. F. Luft, und es ergiebt sich also, daſs unter den genommenen Bedingungen die Windöfen nicht nachtheilig würden. Wenn man aber berücksichtigt, daſs die Luft Verbrennen des Holzes kaum zur Hälfte zersetzt wird, so diesemnach die Heizung mit Windöfen wegen der gröſ Menge der in die Zimmer dringenden Luft im Verhältniſ $\frac{2 \times 14,3}{18,45}$ oder nahe $\frac{28}{18}$, also etwa ein und ein halbes Mal die Heizung durch Caminöfen kostspieliger, und nur in d nigen Falle würde dieser gröſsere Aufwand nicht stattfi wenn die Zimmer weniger dicht verschlossen sind, als b Berechnung angenommen wurde, wie dieses sehr häufig de ist, und daher eine gröſsere Menge Luft eindringen lassen. der anderen Seite pflegen indeſs die in den Zimmern geh Windöfen sorgfältiger gewartet zu werden als die Cami man miſst bei ihnen die erforderliche Menge des Brennma genauer ab und verschlieſst sie regelmäſsiger, wenn dasselb zehrt ist, wodurch jener Nachtheil etwas wieder aufgel wird. Für manche Person hat es auſserdem eine Annehm keit, die Heizung ihrer Zimmer nach Willkür selbst zu reg wozu noch der Vortheil der Windöfen kommt, daſs sie di tere und mit Dünsten verschiedener Art gemengte, die ve bene, Luft wegführen. Wenn man aber berücksichtigt, d an sich unmöglich ist, den Zug der Windöfen so genau guliren, daſs sie jederzeit nur die zur Consumtion des Bren terials erforderliche Menge Luft einsaugen, indem zwa Stärke des Zuges und die Menge der zur Verbrennung des zes und der Kohlen erforderlichen Luft mit der Intensit Brennens und der dadurch erzeugten Hitze zunimmt, j keineswegs in ganz gleichem Verhältnisse, daſs noch auſs verschiedene Nebenumstände, als die Richtung des W der Zug der Schornsteine, die Höhe des Ofenrohrs u. s. w

Stärke des Luftzuges in den Windöfen einen bedeutenden luſs haben, und daſs derselbe in der Regel etwas stärker wird, als gerade erforderlich ist, damit nicht bei nachthei- Richtung des Windes Rauch ins Zimmer komme, so folgt Gewiſsheit, daſs die Windöfen rücksichtlich des gröſseren, mehr als zum Doppelten steigenden Bedarfs an Brennmate- nachstehen, so wenig auch ihre übrigen Vorzüge zu verken- sind.

19. Unter den verschiedenen, mir bekannten, Constructio- der Oefen theile ich drei mit, welche die in Nr. 18. gefor- ten Bedingungen am besten zu erfüllen geeignet sind, als indöfen und auch als Caminöfen eingerichtet und in einigen cken nach dem jederzeitigen Bedürfnisse und dem Wunsche Eigenthümer abgeändert werden können. Der erste ist ein der Säulenofen, und zunächst wird angenommen, daſs der- Fig. 62. be aus Guſseisen verfertigt sey, jedoch kann er auch aus ech gemacht werden, selbst aus Thon und, wenn man ver- gte, von rectangulärer Form. A ist der Heizraum, an wel- em der Hals B zum Eintritt in den Camin sich befindet. Die ule C, welche in einer Nuth auf dem Heizkasten steht, und der Regel als rund angenommen wird, während der horizon- le Durchschnitt des Heizkastens rectangulär ist (jedoch auch gerundet seyn kann, wenn man dieses vorzieht), kann cylin- erförmig seyn, obgleich es im Wesentlichen keinen Unter- chied macht, wenn man ihr unten einen Wulst, oder durch nstige Verzierungen, z. B. Guirlanden u. s. w. eine geschmack- llere Form giebt, und auf gleiche Weise ist es für ihre eigent- he Bestimmung gleichgültig, ob sie oben flach gelassen oder it einer Urne oder einer sonstigen Figur geschmückt wird, wie nn überhaupt die verschiedenen möglichen Verzierungen die- r Oefen nicht in den Bereich der vorliegenden Untersuchun- n gehören. In der Ebene der Axe dieser Säule bis auf den izkasten herab geht in zwei seitwärts an der inneren Wand- he derselben befindlichen Nuthen das Blech von Guſseisen herab (die sogenannte Zunge), und wird mit dem gemeinen t der Ofensetzer unten und an den beiden Seiten eingekittet. dient dazu, um die glühende Luft zu zwingen, in der Rich- g der Pfeile sich zu bewegen und mehr abgekühlt in den ls γ des Rauchrohres zu treten. Letzteres kann entweder ge- aus in den Camin zurückgeführt werden, wenn man mehr

auf Schönheit als auf Erſparung des Brennmaterials sieht,
letzteren Falle aber kann daſſelbe rechtwinklich umgebogen,
zu einer beliebigen Höhe hinaufgeführt, und dann durch a
maliges rechtwinkliches Umbiegen in den Camin zurückgef
werden. Ob Letzteres geſchehen ſolle oder nicht, hängt i
zugleich von der Stärke des Luftzuges im Camine ab, indem
kanntlich die Bewegung der Luft durch die rechtwinkliche
gung ihres Canales leicht bis 0,2 von ihrer Geſchwindigkeit
liert, und es könnte daher die letztere ſo ſehr vermindert
den, daſs dadurch eine vollſtändige Verzehrung des Bren
terials unmöglich würde. Der Ofen kann auf einen geeig
Stein geſtellt werden, am vortheilhafteſten für ſeine Wir
um die Wärme der unteren Platte nicht zu verlieren un
Zutritt der kalten unteren Luftſchicht zu demſelben zu h
dern, auf 4 Füſse von 3 bis 6 Z. Höhe. Bei der Conſtru
des Ofens iſt ferner angenommen, daſs derſelbe keinen
habe, und ich geſtehe, daſs ich nach einigen Erfahrunge
ſes für zweckmäſsiger halte, weil die ſtark erhitzte Luft
einen ſo ſchnellen Zug annimmt, daſs ſie nicht vollſtändi
ſetzt werden kann, dadurch das Brennmaterial abkühlt,
Brennen hindert und die Wirkung der Oefen ſchwächt
heiſser dagegen die verglühenden Kohlen werden, um
gröſser wird ihre Affinität zum Sauerſtoffgaſe der atmoſ
ſchen Luft, die ſtärker erhitzte Luft entweicht ſchneller
beide vereinte Urſachen bewirken der Erfahrung gemäſs
ſtärkeren Effect der Heizung. Verlangt man aber denno
nen Roſt, ſo kann die Bodenplatte des Ofens leicht mit
ſolchen verſehen werden und der Ofen unten noch einen A
kaſten mit freiem Luftzutritte von Auſsen erhalten.

Fig. 65. Der nämliche Ofen kann auch als Windofen conſtruir
den; es iſt dann abermals A der Heizkaſten, B C die Säu
die Zunge, die Richtung der Pfeile aber zeigt den Strom d
ſsen Luft an. In dieſem Falle iſt es nichts weniger als
theilhaft, daſs die Flamme an der nämlichen Seite aufſtei
welcher geheizt wird, vielmehr muſs das Holz hier dur
friſchen Luftzug bald in Brand verſetzt werden, die hi
entſtehende Flamme den in die Oeffnung aufſteigenden
ergreifen, und entzünden, ſo daſs alſo der Ofen ohne
liche Conſtruction nach der Art des durch Thilorier a
benen ein rauchverzehrender wird. Uebrigens gilt von

) conſtruirten Windofen alles dasjenige, was ſo eben rückſicht-
ch der Verzierungen, der Anwendung von Füſsen oder einer
rt von Sockel d d geſagt iſt, wobei vielfache, das Weſen der
ache nicht unmittelbar treffende Veränderungen möglich ſind.
uch die Dimenſionen beider Arten von Oefen können gleich
ſeyn, und richten ſich theils nach der Gröſse der zu erwärmen-
en Räume, theils nach der Stärke des Wärmeverluſtes derſel-
en. Hat der Heizkaſten 2 Fuſs Höhe bei 18 Z. Seite, die
Säule 15 Z. Durchmeſser und 3 F. Höhe, ſo wird der Ofen
das gröſste Zimmer, wenn es nur kein Tanz- oder Concert-Saal
iſt, heizen können, vorausgeſetzt, daſs die Wände und Fenſter
nicht allzu dünn und luſtig ſind, und die Kälte nicht wochenlang
unter 25° C. hinabgeht. Von dieſem Maximum kann man bis 18 Z.
Höhe und 12 Z. Seite des Heizkaſtens und 18 Z. Höhe bei 10 Z.
Durchmeſser der Säule herabſteigen, um für kleine Zimmer den-
noch die genügende Erwärmung zu erhalten.

20. Ein zweiter zunächſt guſseiſerner, und als Windofen Fig.
eingerichteter, iſt nach dem Principe der ſogenannten Herrnhu- 64.
ter-Oefen conſtruirt, und kann auch aus Thon gemacht werden,
wie denn die letzteren eigentlich nur einen eiſernen Heizkaſten
haben oder auch dieſen mit Kacheln umgeben. Den Zug der
erhitzten Luft bis in den oberen Kaſten C zeigt die Richtung
der Pfeile. An der hinteren Seite des letzteren iſt eine Oeff-
nung für das Rauchrohr angebracht, welches gleichfalls unmit-
telbar in den Camin zurückgeführt werden, oder zuvor durch
rechtwinkliche Umbiegung eine Erhöhung erhalten kann, um
die noch übrige Hitze des nicht völlig durch die Wandungen
des Ofens abgekühlten Rauches zu benutzen; worüber das Näm-
liche gilt, was ſo eben unter Nr. 19. bemerkt iſt. Die offenen
Räume B, B dienen dazu, eine bedeutende Wärmeausſtrahlung
derjenigen Platten zu geben, unter und über welchen der heiſse
Rauch hinſtreicht. Auſserweſentlich iſt die Platte d, welche
als Fortſetzung der Bodenplatte unter der Thüre fortläuft, vorn
abgerundet iſt, und das Herausfallen der Kohlen aus der Oeff-
nung des Ofens hindert, wodurch das Legen eines Bleches vor
dem Ofen zur Sicherung des Fuſsbodens überflüſsig wird. Die Fig.
Seitenanſicht des Ofens zeigt die Heizthüre und bei a a zwei 65.
runde Oeffnungen, welche zu den verſchloſsenen Räumen E
und C führen, und dazu dienen, den hierin angeſammelten Ruſs
und die mechaniſch fortgeriſsene, hier niedergefallene, Aſche

herauszunehmen, obgleich die Menge der letzteren nach der Construction des Ofens nicht groſs seyn kann. Daſs sie gewöhnlich durch eingeklemmte Bleche verschlossen sind, versteht sich von selbst.

Soll der Ofen zur Caminheizung eingerichtet werden, so fällt die Zunge d weg, und wird dann ein geeigneter Hals angegossen oder von starkem Eisenbleche eingesetzt. Oft verstattet die Lage der Camine nicht, dem so eingerichteten Ofen diejenige Richtung gegen das Zimmer zu geben, welche für dasselbe erforderlich ist. In diesem Falle könnte der Hals an der breiten Seite des Ofens angebracht, und der Ofen so gestellt werden, daſs seine entgegengesetzte breite Seite gegen das Zimmer gerichtet wäre, wodurch indeſs die Heizung unbequemer und der Construction des Ofens nicht angemessen wird. Die Dimensionen des Ofens sind in der Zeichnung angegeben, und gelten für den Fall, wenn derselbe für ein groſses Zimmer bestimmt ist, indem letzteres schon von ungewöhnlicher Gröſse seyn, nämlich mindestens 3 Fenster an der längeren Seite haben müſste, wenn ein solcher eiserner Ofen bei anhaltender und starker Heizung nicht ausreichen sollte. Inzwischen können die angegebenen Dimensionen noch bis so weit vergröſsert werden, daſs die Höhe des Heizkastens 18 Z. Par. beträgt, die Breite 36 Z. und die Tiefe 18 Z., in welchem Verhältniſs dann die übrigen Dimensionen gleichfalls theils vergröſsert, theils die angegebenen beibehalten werden müſsten. Uebrigens gebe ich nach meiner Ansicht der Sache diesen Oefen rücksichtlich ihrer Heizungskraft, nicht aber hinsichtlich ihrer Schönheit den Vorzug vor allen andern, weil sie die nothwendigen Bedingungen einer guten Heizung am besten erfüllen, nämlich eine vollständige Verzehrung des Brennmaterials, einen hinlänglichen, jedoch durch die wiederholten Biegungen nicht übermäſsigen Luftzug, eine möglichst groſse Oberfläche zur Ausstrahlung der Wärme und einen hinlänglich langen Weg für die Flamme und heiſse Luft im Innern geben, um vor dem Entweichen in den Camin gehörig abgekühlt zu seyn.

21. Es sind oben Nr. 16. die Vorzüge der eisernen und der thönernen Oefen zusammsngestellt, und weil beide Arten deren eigenthümliche haben, so ist bei den eben beschriebenen Constructionen der Oefen darauf Rücksicht genommen, daſs sie aus beiden Substanzen verfertigt werden können, obgleich das

ıſseiſen am besten für sie geeignet ist. Auf gleiche Weise ist wähnt, daſs verschiedene Oeſen in Vorschlag gebracht und ɾklich ausgeführt sind, welche aus beiden Substanzen zugleich stehen, um die Vorzüge beider zu vereinigen, namentlich die hnellere Erwärmung durch das Eisen und die längere Dauer ɾselben durch den Thon, und dieses wird wirklich erreicht, enn man bei der so eben beschriebenen den Heizkasten von ɾnem, den Aufsatz aber von diesem verfertigen läſst, denn die ɱgekehrte Anordnung ist deswegen verwerflich, weil ein thöerner Heizkasten durch unvorsichtiges Hineinwerfen des Holes zu leicht zerstört wird. Ohne dem Fehler eines zu comlicirten Baues zu unterliegen, scheinen mir die *Feilner'schen* *)eſen* eine sehr groſse Menge von Vorzügen zu vereinigen, eswegen ich ihre Beschreibung als einer dritten sehr zweckmäꞑg eingerichteten Art hier folgen lasse[1]. Die beiden Zeichnunen stellen zwei verticale Durchschnitte desselben vor, und wer- Fig. 66. u. 67. ꞑen zum Verstehen seiner Einrichtung genügen. Der eiserne Heizkasten e ruhet auf einer Unterlage von gebrannten Steinen so, daſs der gröſste Theil der Bodenplatte, die beiden Seitenplatten und die vordere Platte unbedeckt, jedoch von einem thönernen, den unteren Theil des Ofens bildenden Mantel umgeben sind. In den hierdurch gebildeten Zwischenraum dringt die kalte Luft der unteren Schichten im Zimmer durch zwei an beiden Seiten unten angebrachte 3 Z. hohe und 8 Z. breite Oeffnungen, und entweicht erwärmt durch eine 21 Z. über den Boden des Zimmers erhabene messingne durchbrochene Verzierung. Aus dem eisernen Heizkasten ist die eiserne Röhre g von 6 Z. Durchmesser und 4 bis 6 Z. Höhe hinaufgeführt, um die Flamme, den heiſsen Rauch und die erhitzte Luft zur allmäligen Abkühlung in die verschiedenen Abtheilungen des zur Circulirung eingerichteten thönernen Obertheiles zu leiten. Die in diesen engen Cylinder spielende Flamme soll den durchgehenden Rauch entzünden, und somit eine vollständige Verbrennung des Heizmaterials bewirken. Auf die obere Platte des Heizkastens ff werden Mauerziegel gelegt, um eine blechene Tafel zu tragen, welche mit einer kreisrunden, ausgeschnittenen Oeffnung den eisernen Cylinder umfaſst, und zugleich ringsum 1 Zoll von den

1 H. Weber in Verhandl. des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleiſses in Preuſsen. Jahrg. 1823.

inneren Wandungen des thönernen Ofens absteht. Durch diese Vorrichtung wird das Eisen mit den erdenen Theilen des Ofens in Verbindung gebracht, ohne daſs die ungleiche Ausdehnung beider Körper durch Wärme eine Zersprengung oder Zerreiſsung bewirkt. Zu diesem Ende wird auf das Blech eine mit den inneren Wandungen des thönernen Ofens dicht verbundene, von dem äuſseren Kranze des Cylinders aber 1 Z. abstehende Decke von flachen gebrannten Ziegeln gelegt, und die hierdurch um den Cylinder entstehende Vertiefung mit trockenem Sande ausgefüllt, damit die Ausdehnung des letzteren nicht nachtheilig werde. Die aus Mauerziegeln verfertigte Scheidewand i, welche indeſs von der einen breiteren Ofenwand bis in die Mitte fortgeführt wird, die andere Hälfte aber frei läſst, trägt die gleichfalls aus Mauersteinen verfertigte, und daher der Heftigkeit der aus dem Cylinder aufsteigenden Flamme widerstehende Decke k, welche gleichfalls nicht völlig den vierten Theil einer durch den Ofen gelegten horizontalen Ebene unbedeckt läſst, damit durch die so gebildete Oeffnung der heiſse Rauch in die übrigen Abtheilungen des Ofens aufsteigen, ihnen seine Wärme mittheilen und endlich aus dem mit einer Klappe verschlieſsbaren Rohre p in den Camin entweichen kann. Das Verhältniſs der Weite solcher 7 Z. Seite habenden Oeffnungen zu der Weite des ganzen Ofens ist nach der Zeichnung sowohl aus ihnen selbst, als auch aus der verticalen Linie ersichtlich, welche die Räume n, n... und l, l,.. trennt, und es verdient daher nur noch bemerkt zu werden, daſs die horizontalen Decken der folgenden Abtheilungen aus doppelten, vermittelst Lehm verbundenen, die verticalen Scheidewände aber aus solchen einfachen flachen Ziegeln verfertigt werden. Solche Oefen haben, wie aus dieser Beschreibung erhellet, ungemein viele Masse, erhalten daher, einmal erhitzt, die Wärme lange Zeit, und bedürfen nur einmal, oder bei strenger Kälte zweimal des Tags geheizt zu werden; dagegen dauert es aber nach absichtlich angestellten Versuchen zwei Stunden, bis sie das Zimmer auf das Maximum der Temperatur bringen.

22. Bei Weitem die schwierigste von den in Nr. 14. geforderten Untersuchungen betrifft die Gröſse der Oefen, wie schon daraus von selbst hervorgeht, daſs in der Regel bei dieser Frage nicht in Voraus bestimmt ist, wie oft, mit welchem und mit wie viel Brennmaterial geheizt werden soll, desgleichen

welches Material und welche Form man für die Oefen wählt. Die Erfahrung, wie zahlreiche Beispiele sie auch aufstellen könnte, giebt fast gar keine genaue Auskunft, denn die Oefen werden meistens nach bloſsem Gutdünken von den Empirikern gewählt, und wenn ein solcher dann mehr oder weniger als das Verlangte leistet, so liegt die Ursache hiervon in vielen Fällen nicht sowohl an der Gröſse des Ofens, als vielmehr an andern unbeachteten Bedingungen. Obgleich also völlig scharfe Bestimmungen hierüber nicht erwartet werden können, so hoffe ich doch durch die nachfolgenden Betrachtungen mindestens einen Weg aufzufinden, um genäherte zu erhalten.

Bei der Heizung eines Zimmers macht es einen groſsen Unterschied, ob die Luft in demselben und seine Wände, Fenster und Thüren vollständig erkaltet sind, oder ob sie noch einen Theil der früheren Erwärmung beibehalten haben, so daſs daher nur der zwischen den abwechselnden Heizungen erlittene und der fortdauernd durch Ableitung stattfindende Verlust ersetzt werden müssen. Für gewöhnliche Wohnzimmer findet in der Regel das Letztere statt, indeſs wird es gut seyn, auch das Erstere zu berücksichtigen. Nehmen wir also als Norm ein Zimmer von der in Nr. 11. beschriebenen Gröſse, und setzen in genähertem Werthe fest, daſs die Wände nur bis etwa zur Hälfte ihrer Dicke, wenn sie massiv sind, die zur Einschlieſsung der Zimmerwärme erforderliche Temperatur annehmen müssen, wodurch die Berechnung dann auch für die Wände der nicht massiven Zimmer paſst, berücksichtigen wir ferner, daſs ein solches Zimmer in 24 Stunden niemals vollständig erkaltet gefunden wird, mithin auch die Wärme während dieser Zeit die Wandungen nicht gänzlich zu durchdringen vermag, daſs es aber endlich etwa einer Stunde Zeit bedarf, um ein solches Zimmer gehörig zu erwärmen, eine Temperaturdifferenz von 25° C. angenommen, so erhalten wir folgende Gröſsen. Das angenommene Zimmer hat 1433 Quad. F. Wandfläche, Decken und Fuſsboden mit eingeschlossen, welche zu 1 F. Dicke angenommen eben so viele Cub. F. betragen, und da Fuſsböden und Decken selten diese Dicke haben, so können die Thüren und Fenster füglich vernachlässigt werden. Es wird ferner von der Wahrheit nicht sehr abweichen, wenn wir das spec. Gewicht dieser Substanzen gegen Wasser = 2 annehmen, und die specifische Wärmecapacität, obgleich etwas geringer, derjenigen

der Luft gleich setzen. Dieſemnach geben die in 24 Stunden oder in einer Stunde um $\frac{1}{24}$ zu erwärmenden feſten Maſſen für 1 Minute ein Aequivalent von $\frac{1433 \times 2}{0,001299 \times 60 \times 24} = 1532,2$ Cub. F. Luft. Hierzu kommt der Inhalt des Zimmers mit 4032 Cub. F., welches auf 1 Min. $\frac{4032}{60} = 67,2$ Cub. F. giebt, und endlich die in Nr. 10. beerechnete Abkühlung von 34,89 Cub. F., alſo zuſammen 1634,3 Cub. F. Luft, welche um 25° C. erwärmt werden müſsten. Nach ſehr genauen Beſtimmungen[1] geben 5 Quad. F. Metallfläche in 1 Sec. 0,5 Cub. F. Dampf, wofür man aber, um vollkommen ſicher zu ſeyn, 10 Quad. F. ſetzt, welches dann in 1 Minute 30 Cub. F. Dampf giebt. Indem aber die Dichtigkeit des Dampfes gegen Luft bei gleicher Elaſticität 5 : 8, die ſpecif. Wärmecapacität beider gegen Waſſer 0,8470 und 0,2669 iſt, die latente Wärme des Dampfes aber 640° C. beträgt, ſo vermag ein Quadrat Fuſs geheizte Metallfläche $\frac{30 \times 640 \times 5 \times 0,8470}{10 \times 25 \times 8 \times 0,2669} = 152,3$ Cub. F. Luft um 25° C. zu erwärmen, wonach alſo ein für das angegebene Zimmer genügender eiſerner Ofen $\frac{1634,3}{152,3} = 10,7$ Quad. F. Oberfläche haben müſste. Obgleich aber die Heizkraft der metalliſchen Oberflächen ſchon auf die Hälfte herabgeſetzt zu dieſem Reſultate geführt hat, und die eiſernen Dampfkeſſel von den eiſernen Oefen nicht bedeutend abweichen, ſo muſs doch berückſichtigt werden, daſs das Feuer im Ofen die geſammte Fläche nicht auf gleiche Art umſpielt, als dieſes meiſtens bei den Dampfkeſſeln der Dampfmaſchinen der Fall zu ſeyn pflegt, und wir werden daher bei Circuliröfen zu gröſserer Sicherheit gegen etwaige heftige Kälte und eine ſonſt mögliche, leicht unangenehme zu ſtarke Heizung die doppelte Gröſse als die eben gefundene für ein Zimmer von den angegebenen Dimenſionen anzunehmen haben, welches dann mit der gemeinen Erfahrung auch nahe genug übereinſtimmt. Uebrigens verſteht ſich von ſelbſt, daſs man die Oberfläche der Oefen um ſo mehr vergröſsern müſſe, je mehr man die Circulation des Rauches vervielfältigt, wie es dann auch an ſich klar iſt, daſs man ſich häufig genöthigt findet, ein ganz erkaltetes

1 S. *Dampfmaschine* Th. II. S. 464.

mer 2 bis 3 Stunden vorher anhaltend zu heizen, wenn es e behagliche Temperatur annehmen soll, und auſserdem kann Heizung der eisernen Oefen namentlich durch lebhaften Luft-, gutes und vieles Brennmaterial bei Nichtbeachtung des grö-en Kostenaufwandes noch weiter getrieben werden, als die es Dampfkessels, welches mit manchen Unbequemlichkeiten bunden ist, aber auch die Möglichkeit gewährt, mit kleine-n Oefen gröſsere Zimmer zu heizen. Daſs dieses aber vermit-st der eisernen Oefen sich allerdings erreichen lasse, davon be ich mich durch die Erfahrung vollständig überzeugt, und glaube mit Sicherheit annehmen zu dürfen, daſs ein solcher culirofen oder Säulenofen von 10 bis 12 Quad. F. Oberfläche Zimmer von der angenommenen Dimension genügend zu hei- vermag.

Soll für irgend ein anderes Zimmer die Gröſse des erforder-hen Ofens bestimmt werden, so wäre es einfach, die Berech-ng auf die angegebene Weise auch hierfür anzustellen, indeſs nn man durch folgende Betrachtung auf kürzerem Wege zu em genäherten Resultate gelangen. Die Gröſse des Ofens rd hauptsächlich durch die Ausdehnung der Wände, der cke und des Fuſsbodens bestimmt, wobei zugleich auch der bikinhalt der eingeschlossenen Luftmasse mit in dieser Bestim-ung enthalten ist. Betrachten wir dann die Zimmer als ähn-che Körper (was zwar aus leicht begreiflichen Gründen nicht nz richtig ist, in einigen Fällen aber zufällig genau zutreffen, r die bezweckte genäherte Bestimmung aber unbedenklich zu-geben werden kann), so verhalten sich bei diesen die Umfänge e die Quadrate, die Inhalte wie die Cubi gleich liegender iten. Werden demnach diese Gröſsen durch U, u; I, i und s bezeichnet, so erhält man

$$U : u = S^2 : s^2, \text{ woraus } U = \frac{u S^2}{s^2};$$

nd $$I : i = S^3 : s^3, \text{ woraus } I = \frac{i S^3}{s^3};$$

s beiden aber $$U = u\left(\frac{I}{i}\right)^{\frac{2}{3}}.$$

ieht man also den Umfang des gegebenen Zimmers und die ierfür berechnete Gröſse des Ofens als Einheit an, so darf nur ür ein anderes Zimmer vom Inhalte $= I$ der Werth von U aus og. $U = \frac{2}{3} \times (\log. I - \log. i)$ gesucht werden, um mit der

gefundenen Normalgröſse von 10,7 Q. F. multiplicirt die erf
derliche Oberfläche des für ein solches Zimmer genügenden
sernen Ofens zu finden. Wäre z. B. der Inhalt eines Conc
saales = 97000 Cub. F., so ist

$$\begin{aligned} \log.\ 97000 &= 4{,}9867717 \\ \log.\ 4032 &= 3{,}6055205 \\ \hline \log.I - \log.i &= 1{,}3812512 \\ \times 2 &= 2{,}7625024 \\ :3 &= 0{,}9208341 \text{ giebt } 8{,}3 = U \end{aligned}$$

also wäre 8,3 × 10,7 = 88,81 Quad. F. Oberfläche das M
mum, welches ein Ofen halten müſste, um ein solches Zim
zu erwärmen, und wenn man Circuliröfen wählte, so mü
diese Gröſse noch vermehrt werden, woraus folgt, daſs so
räumige Säle für die gewöhnliche Ofenheizung sich nicht
nen, weil sie durch übermäſsig groſse Oefen nothwendig
stellt werden müſsten.

23. Auf einem andern Wege kann man gleichfalls zur Be
wortung der vorliegenden Frage, jedoch mit geringerer Sic
heit und Bestimmtheit, gelangen, wenn man nämlich die Q
tität des Brennmaterials berechnet, welche zur Erzeugung
erforderlichen Hitze verbrannt werden muſs, und hiernach
Gröſse des Ofens bestimmt, worin die Verbrennung gesch
soll. Es ist oben Nr. 1 gefunden, daſs 1 Pf. gutes trocknes
80000 Cub. F. Luft um 1° C. zu erwärmen vermag. Die so
zeugte Wärme kann aber auf keine Weise vollständig ben
werden, sondern geht zum Theil durch den Schornstein v
ren. Nach Versuchen mit Daniell's Pyrometer[1] ist die H
eines gemeinen Steinkohlenfeuers = 493° R. und so läſst
ohne merklichen Fehler die des Holzes = 400° R. oder 500
annehmen. Wird dann ferner angenommen, daſs der Rauc
seinem Entweichen in den Schornstein noch 100° C. Wärm
sitze, so geht hierdurch $\frac{1}{5}$ der erzeugten Hitze verloren,
bleiben somit nur 64000 Cub. F. Luft, welche um 1° C. erw
werden, oder $\frac{64000}{25} = 2560$ Cub. F. Luft, welche dur
Pf. Holz um 25° C. der Temperatur zunehmen. Dabei ist
schwer zu bestimmen, wie lange Zeit das Holz zur Ver

---

1 Journ. of Sciences Nr. XXII. 309. Daraus in Bibl. XVIII. 239.

ıg gebrauche, und hierin eben liegt die Unsicherheit der ge-
hten Bestimmung. Entschieden ist dabei, daſs die Consum-
ı des Holzes so viel schneller erfolgen wird, je höher die
ze des Ofens durch stetes Nachlegen wird, indem die gebil-
en Kohlen eine baldige Entzündung und Verzehrung des zu-
egten Holzes bewirken. Um daher zu genäherten Werthen
gelangen, wollen wir annehmen, daſs das Holz dann, wenn
ie schnelle Erhitzung des ganz erkalteten Zimmers, wie im
rliegenden Falle, verlangt wird, 30 Minuten zu seiner Con-
mtion bedarf, wonach also in jeder Minute $\frac{2560}{30} = 85,34$ C.
Luft durch 1 Pf. Holz um 25° seiner Temperatur erhöhet wer-
n würden, und da nach Nr. 22 in derselben Zeit 1634,3 Cub.
geliefert werden sollen, so müſste der Heizkasten des Ofens
$\frac{34,3}{,34} = 19,15$ Pf. Holz aufzunehmen im Stande seyn. Rech-
en wir dann ferner das Gewicht von einem Cubikfuſs Holz,
n runde Zahlen zu erhalten, zu 38,3 Pf., und nehmen wir fer-
er an, daſs das gespaltene und im Ofen geschichtete Holz den
ierfachen Raum seines Volumens einnehme, so erfordert der
leizkasten für die Aufnahme von 19,15 Pf. Holz einen Cubik-
ıhalt von 2 Cub. F., und wenn dann endlich bei demselben die
loppelte Länge für die einfache Höhe angenommen wird, so
nüſste derselbe im Innern 2 F. Länge bei 1 F. Höhe und Tiefe
aben. Dieses Resultat paſst zunächst auf die in Nr. 20 ange-
ebene Construction des Ofens, und beweiset, daſs ein solcher
on den dort angegebenen Dimensionen für ein Zimmer von der
ngenommenen Gröſse mehr als hinlänglich sey, was mit der
rfahrung völlig im Einklange ist. Soll die Berechnung auch
uf die in Nr. 19 angegebene Construction unter Voraussetzung
ines cubischen Heizkastens passen, so müſste seine Seite im
nnern $= \sqrt[3]{2} = 1,26$ F. oder 15,12 Z. betragen. Dabei ist
ann endlich noch das freie Spiel der Flamme zu berück-
ichtigen.

24. Die so eben mitgetheilten Gröſsenbestimmungen be-
iehen sich zunächst auf eiserne Oefen; inzwischen kann die
etztere in sofern auch füglich auf Kachelöfen angewandt wer-
len, als sie die Gröſse des Heizkastens angiebt, und es keinen
groſsen Unterschied macht, ob die in demselben durch das Ver-

brennen des Holzes erzeugte Wärme in kürzerer Zeit durch Wandungen des eiſernen Ofens oder in längerer durch die thönernen dem Zimmer mitgetheilt wird. Bei den thöne[rnen] Oefen bezweckt man indeſs hauptſächlich die Erzeugung e[iner] anhaltenden, nicht ſtrahlenden, mehr gleichmäſsigen W[ärme] und ihre für ein gegebenes Zimmer erforderliche Gröſse [muſs] daher nach einem ganz andern Principe, als dem bisher a[nge]wandten, beſtimmt werden. Wagenmann[1], welcher auf [jeden] Fall das Vertrauen eines ſehr richtigen praktiſchen Blickes [für] ſich hat, nimmt an, daſs 56 Quad. F. Oberfläche eines thö[ner]nen Ofens hinreichen, um in jeder Minute 96 Cub. F. Luft [um] 20° C. zu erwärmen, mithin 67 Q. F. um die nämliche M[enge] um 25° C. zu erhitzen, wonach für ein Zimmer von der [oben] angenommenen Normalgröſse in genähertem Werthe die O[ber]fläche des Ofens nicht geringer als $\frac{67 \times 35}{96} = 24{,}5$ Quad[rat-Fuſs] ſeyn dürfte, weil bei der beſtimmten Abkühlung von 34,89 C[ub.] F. in jeder Minute auf den Wärmeverluſt durch geöffnete T[hü]ren und Fenſter keine Rückſicht genommen iſt, und die D[iffe]renz der äuſsern und inneren Temperatur die angenomm[ene] Normalgröſse von 25° C. häufig überſteigt. Wagenmann [be]folgt noch ein anderes Princip zur Berechnung der erford[erli]chen Gröſse eines thönernen Ofens, welcher für ein gegeb[enes] Zimmer eine genügende aber zugleich nicht unangenehm ſt[rah]lende Wärme liefern ſoll, und es ſcheint mir wichtig ge[nug,] die Sache auch nach dieſem zu unterſuchen, wenn ich glei[ch in] den Gröſsenbeſtimmungen der Elemente etwas abweichen [muſs.] Es läſst ſich, wie ſchon oben bemerkt iſt, nicht anneh[men,] daſs ein Zimmer während der Zeit, in welcher der Ofen n[icht] geheizt wird, namentlich während der Nacht, ganz erkalte, [und] dann in einer beſtimmten Zeitfriſt durch die Heizung des O[fens] bis zu derjenigen Temperatur erwärmt werden müſse, bei w[el]cher der fortdauernde Wärmeverluſt anfängt, und anhal[tend] durch den Ofen erſetzt werden muſs; dagegen aber wird [man] eine etwas zu groſse, eben daher aber auch für etwas nacht[hei]ligere Bedingungen genügende Beſtimmung erhalten, wenn [man] verlangt, daſs ein Ofen nicht bloſs den oben berechneten an[hal]tenden Wärmeverluſt der Zimmer durch Fenſter, Thüren

1 A. a. O. S. 16.

jederzeit ersetze, sondern auch denjenigen nachzuholen e, welcher während der unterbrochenen Heizung statt :n hat. Wenn man diesemnach annimmt, daſs ein thö- Ofen zweimal binnen 24 Stunden geheizt werde, und :lbst nach Wagenmann von 100° C. bis 50° C. herab- also im Mittel eine Temperatur von 75° C. habe, wäh- e äuſsere Luft auf 25° C. als den Unterschied der im Zim- d auſserhalb desselben stattfindenden Temperatur zu er- ı ist, so läſst sich festsetzen, daſs der Ofen die für 24 n erforderliche Wärme auf zweimalige Heizung ver- n seiner Masse enthalte. Es beträgt aber der Wärmever- ınen 24 Stunden nach Nr. 10 an Luft 50241,6 Cub. F. lann ferner die specif. Wärmecapacität des Thones und ft als gleich, oder gröſserer Sicherheit wegen = 0,2090: nach Nr. 16 angenommen, das spec. Gewicht derselben Wasser = 2 und = 0,001299 gesetzt, so beträgt die für alige Heizung binnen 24 Stunden erforderliche Thonmasse

$$\frac{.6 \times 25 \times 0{,}2669 \times 0{,}001299}{2 \times 75 \times 2 \times 0{,}2090} = 6{,}9454 \text{ Cub. F. oder in}$$

: Zahl 7 Par. Cub. F., welche zu 140 Pf. angenommen) Pf. wiegen. Ein Ofen von dieser Gröſse würde also für mmer von den angegebenen Dimensionen, nämlich 18 F. :, 16 F. Tiefe und 14 F. Höhe genügen, und es läſst sich rhin annehmen, daſs für eine nicht auſserordentlich bedeu- : Differenz der Temperaturen ein solcher bei verhältniſs- g stärkerer Heizung gleichfalls genügen werde. Hier ist ch das Maximum der Wärme, welches der Ofen erreicht, 0° C. angenommen; nach Tredgold[1] aber wirkt die Ober- : eines geheizten eisernen oder thönernen Ofens erst dann ;enehm auf die Luft, wenn ihre Hitze über 150° C. hin- ht, so daſs hiernach also ein Ofen ohne Nachtheil die : mehr zu leisten vermöchte, als angenommen ist. Ver- man aber die Gröſse eines Ofens für ein anderes Zimmer ;röſserem oder geringerem Umfange, so müſste eigentlich erechnung ganz auf gleiche Weise angestellt werden, in- kann man vermittelst der in Nr. 22 gegebenen Formel min- ns zu einem genäherten Resultate gelangen.

25. Die letzte bei der Ofenheizung in Betrachtung kom-

---

1 Edinb. Phil. Journ. XXIV. 263.

mende Untersuchung betrifft die erforderliche Menge des Bre materials. Sie ist in sofern schwer zu beantworten, als n bloſs die Quantität desselben, sondern auch seine Güte und Vollständigkeit seines Verbrennens in Betrachtung kommt; zwischen wird man auf folgende Weise zu einer mindestens näherten Bestimmung gelangen. In Nr. 23 ist gezeigt, da Pf. gesundes, gut lufttrocknes Holz in einem zweckmäſsig struirten Ofen verbrannt 2560 Cub. F. Luft um 25° C. zu e hen vermöge. Indem aber nach der so eben aufgestellten rechnung binnen 24 Stunden 50241,6 Cub. F. Luft um ebe viele Wärme abgekühlt werden, so würden $\frac{50241,6}{2560}$ oder 20 Pf. Holz täglich erfordert werden, um ein gut geschloss Zimmer, den Verlust durch geöffnete Thüren und Fenster mitgerechnet, bei der erforderlichen Temperatur zu erha wenn dasselbe täglich geheizt würde, insofern die Abküh während der Nacht durch eine stärkere Heizung am Tage der compensirt werden muſs. Berücksichtigt man aber, da einem gewöhnlichen Wohnzimmer in der Regel wenigstens eine der Thüren häufig geöffnet wird, und dadurch einen be tenden Wärmeverlust hervorbringt, so wird man sich von Wahrheit nicht sehr entfernen, wenn man hierfür noch mehr, also im Ganzen 25 Pf. rechnet[1]. Wird ein Zimmer einem Windofen geheizt, hat es auſserdem Bleifenster, ri und schlecht schlieſsende Thüren und noch obendrein eine ne Decke, so wird diese Menge um einen verhältniſsmä Theil vermehrt werden müssen, welcher im höchsten Fall zu einer gleichen Gröſse steigen kann, so daſs unter diesen dingungen wohl 50 Pf. täglich erfordert werden können, es indeſs dennoch erforderlich ist, daſs der Ofen durch Klappe verschlossen werde, weil sonst die Gröſse der Ab lung wegen der unbestimmbaren Stärke des Luftzuges, un mit auch die Menge des erforderlichen Brennmaterials gar genau bestimmt werden kann. Ist ein Zimmer gänzlich

1 Nach Wagenmann a. a. O. S. 10 bedarf ein Zimmer von rheinl. Cub. F. Inhalt 28 Pf. Brennholz in 24 Stunden. Berüc tigt man die höhere Kälte im nördlichen Deutschland, so k diese Menge mit der für das mittlere und südliche im Texte nommenen sehr genau überein.

, und soll es erst auf die mittlere Temperatur erwärmt wer- so sind nach Nr. 23 hierzu 19,15 Pf. Holz erforderlich, n aber derjenige Theil abzuziehen ist, welcher diese Quan- vährend des Verbrennens zum Ersatze des ununterbroche- Värmeverlustes beiträgt. Soll diese letztere Gröſse nicht hnet werden, so folgt aus den in Nr. 22 und 23 mitge- en Bestimmungen, daſs zum Erwärmen des Zimmers von ngenommenen Dimensionen $\frac{1532,2}{85,34} = 17,6$ Pf. Holz er- rlich sind, und diesemnach bedarf man zur Erheizung eines g erkalteten Zimmers am ersten Tage etwa $\frac{2}{3}$ der erforderli- Holzmenge mehr, als an den übrigen Tagen, mithin im en 42 Pf., welches Resultat von den durch Erfahrung un- lbar erhaltenen gewiſs nicht merklich abweicht. Sollen ich aus der hier gefundenen Bestimmung diejenigen gesucht len, welche man bei bedeutend stärkerer Kälte und für grö- Zimmer verlangt, so giebt rücksichtlich des Ersteren die 11 aufgestellte Formel für ein stets geheiztes Zimmer bei ei- Temperaturunterschiede $= \Delta t$ die Menge des Holzes $= \left(\frac{t}{5^\circ}\right)^2 \times 25$ Pf. und für ein ganz erkaltetes (minder richtig) $= \left(\frac{t}{5^\circ}\right)^2 \times 42$ Pf.; rücksichtlich des Letzteren aber die in Nr. aufgestellte für beide Fälle $\left(\frac{I}{i}\right)^{\frac{2}{3}} \times 25$ und $\left(\frac{I}{i}\right)^{\frac{2}{3}} \times 42$ in ziemlich genäherten Werthen. Hiernach würden also für Zimmer von 97000 Cub. F. Inhalt nahe 200 oder 336 Pf. lz erforderlich seyn. Ist das spec. Gewicht des Holzes $= 0,6$ d das absolute Gewicht eines Par. Cub. Fuſs Wasser $= 70$ Pf. beträgt jene erstere Quantität 4,76 die letztere 8 Cub. F. Holz, lche Bestimmungen man nach ohngefährer Schätzung der fahrung völlig angemessen finden wird.

26. Die so eben ausführlich beschriebene Ofenheizung hat in fern etwas wider sich, als einige Strahlung der Wärme vom fen aus nebst einer hiermit unausbleiblich verbundenen Un- eichheit in der Erwärmung der Zimmer auf keine Weise ganz rmieden werden kann. Ein zunächst vorliegendes Mittel iergegen sind die Ofenschirme, welche die horizontalen Wär- estrahlen auffangen, dagegen aber ein Aufsteigen der erwärm- en Luft um den Ofen und mittelbar eine stärkere Strömung in

den verschiedenen Luftschichten der Zimmer bewirken. Den man sich dann ferner den Ofen etwas tiefer, selbst bis unter d Fuſsboden hinabgesenkt und statt eines Schirmes mit einem Ma tel so umgeben, daſs die erwärmte Luft sämtlich in die Hö steigen muſs, so hat man das Element der Luftheizung. D Ofenheizung hat auſserdem den Nachtheil, daſs bei stärkere Feuer als zur Erhaltung einer gerade genügenden Erwärmu erfordert wird, der Ofen nicht sogleich abgekühlt werden kan und man daher einen kalten Luftstrom in das Zimmer leit muſs, um der Ueberheizung zu begegnen, welchem vermitte der Luftheizung abgeholfen wird, wenn man die Eintrittsö nung der warmen Luft so einrichtet, daſs sie sich augenblic lich verschlieſsen läſst. In dieser allgemeinen Darstellung l gen nicht bloſs die Elemente einer neuerdings so viel bespr chenen Heizungs-Methode, sondern es folgen auch aus ders ben die Bedingungen ihres Gelingens nebst der Ueberzeugu daſs die dazu geeigneten Arten der Vorrichtung weder schw rig seyn, noch auch auf anderen als ganz bekannten physika schen Principien beruhen können. Auſserdem liegt die Sa so nahe, und ist so unmittelbar mit der Ofenheizung verb den, daſs eine ganz einfache bloſs rohe praktische Anwend dieser Methode unfehlbar schon in den frühesten Zeiten statt den muſste. Wirklich findet man auch in vielen alten Geb den über den Oefen in den unteren Stockwerken Löcher in Zimmerdecken eingeschnitten, um die warme Luft durch di hindurchzuleiten, und höher liegende kleine Gemächer zu wärmen. Künstlicher, zugleich aber auch zweckmäſsiger, w den diese Vorrichtungen, wenn man den Ofen absichtlich u die Decke des Zimmers hinabsenkt, in einen eigens hie eingerichteten Heizraum stellt, und die warme Luft aus die den Zimmern zuführt. Auch solche Vorrichtungen sind in sehr alt, und finden sich namentlich in den Gebäuden Deutschordens in Preussen aus dem dreizehnten Jahrhund und im Rathhause zu Regensburg, wo Sturm[2] dieselbe und beschrieb. Will man noch höher hinaufgehen, so ist

1 Das Schloſs der deutschen Ritter in Marienburg, von sching 1823.

2 Dessen deut. Ueb. des Vignola, Wolfenbüttel 1699. B Angaben entlehne ich aus Wagenmann a. a. O. S. 4.

:den, daſs schon die Römer zu den Zeiten des Seneca auf- :n, nach uralter Sitte Kohlen in einer Pfanne in die Zimmer ittelbar zu setzen, sondern in den Palästen unterirdische ächer auf diese Weise erwärmten und die warme Luft von ıs in die höheren Gemächer leiteten, wie namentlich in den ;esälen des Heliogabalus geschah; auch fand man die .u bestimmten Canäle in einem zu Autun ausgegrabenen rö- hen Pallaste[1].

In den neuesten Zeiten wurde die Luftheizung vermuthlich st in England wieder in Anwendung gebracht, indem na- :lich Strutt dieselbe 1792 zu Belper in seiner Maschinen- ıerei einführte[2], und weil sie unter den geeigneten Um- len entschiedene Vortheile gewährt, so wandte man sie : bloſs in groſsen öffentlichen Räumen, z. B. im Royal In- :ion, sondern auch in Privatwohnungen an, fand sie aber t überall vortheilhaft, und lieſs sie daher an vielen Orten .er eingehen. In Frankreich stellte Cürandau eine Luft- ung in der Nast'schen Porzellanfabrik her[3], und es ist nicht ezweifeln, daſs auch andere die Erfindung nachahmten, in ıschland aber, namentlich in Berlin, legten der Geh. Ober- ath Schinkel und der Ofenfabricant Feilner 1817 eine heizung mit besonderen Heizkammern im Pallaste des Prin- Friedrich an[4]. Inzwischen wurde die Aufmerksamkeit Publicums hauptsächlich im südlichen Deutschland auf se vermeintlich neue Heizmethode durch Meissner geweckt, lcher dieselbe in einer eigenen Schrift[5] übermäſsig anpries. selbst warnte in einer kurzen Anzeige[6] vor einem unbeding- Glauben an die versprochenen Vortheile dieser Heizungsart einer hieraus folgenden schädlichen Anwendung unter nicht gneten Bedingungen, allein vielleicht fand die Schrift um nehr Beifall[7], je weniger sie eigentlich wissenschaftlich ver-

1 Busch Geschichte d. Erfind. X. 82.
2 Sylvester the Philosophy of domestic economy. Nottingh. 1819.
3 Hermbstaedt Bülletin. V. 356.
4 Wagenmann a. a. O. S. 4.
5 Die Heizung mit erwärmter Luft. u. s. w. Wien 1822. 8.
6 Heidelb. Jahrb. d. Lit. 1823.
7 Die 2te vermehrte Auflage erschien Wien 1823, die 3te ebend. 5 um das Vielfache vermehrt.

faſst iſt, ihr Inhalt aber eine oft ſo zweckwidrige Anwend daſs es mitunter an das Unbegreifliche grenzt. Viele w nämlich für die Sache, vermuthlich wegen des Reizes der meintlichen Neuheit, ſo eingenommen, daſs ſie glaubten, gemeiner Ofen in eine Heizkammer eingeſchloſſen, müſſe durch geeignet werden Wunder zu thun, und das wahrhaft mögliche zu leiſten. So ſollten unter andern in einem mir kannten Falle mehr als eine halbe Million Cubikfuſs Luft i ner Menge zerſtreuter Zimmer durch nicht mehr als zwei C geheizt werden, obgleich ſich aus einer einfachen Berech nachweiſen lieſs, daſs dann das verbrannte Holz mehr W hätte erzeugen müſſen, als es unter den günſtigſten Umſtä verbrannt überhaupt zu liefern vermag. Verſchiedene miſ gene Verſuche und getäuſchte Erwartungen führten daher dem gewöhnlichen Gange der menſchlichen Anſichten zum lichen Miſstrauen, und viele ſind gegenwärtig geneigt, die ze Sache überhaupt als unbedingt zweckwidrig und ſogar theilig zu verwerfen. Nachtheilig war dabei noch der Um daſs die Aufgabe, welche ihren Principien nach zunächſt unmittelbar in das Gebiet der Phyſik gehört, dieſem ent wurde, indem manche Baumeiſter und ſelbſt gemeine O bricanten die an ſich ſo einfache Sache mit unnöthigen Kün en überluden, und wenn ihnen zufällig eine oder einige Ei tungen gelungen waren, das Auſserweſentliche für weſentlic ten, wobei der Schein unvermeidlich war, als ſey das Probl gewiſſe Weiſe ein myſteriöſes, zu deſſen Kenntniſs ma durch eigene Erfahrung und auf einem mühſamen Wege gen könne, ohne eines ſicheren Erfolgs dennoch gewiſs zu Eben dieſe Unſicherheit bei einer Sache, welche von der Seite ſo unmäſsig geprieſen, von der andern wegen viel und meiſtens mit groſsen Koſten verbundenen Miſsling ſehr herabgeſetzt wurde, führte in ſolchen Fällen, wo di richtung einer Luftheizung wünſchenswerth erſchien, zu Menge vermeintlicher Verbeſſerungen bald der Oefen, b Heizkammern, der Canäle u. ſ. w., welche aber bei dem gel feſter Grundprincipien meiſtens in koſtſpielige und d fect ſtörende Ueberladungen ausarteten. Sollen daher di ſikaliſchen Lehrſätze nicht bloſs unfruchtbare Speculatione ſondern mit ihrer ganzen Wichtigkeit in Anwendung wovon unter andern namentlich H. Davy zwei glänzend

ele in seinen Sicherheits-Lampen und den Protectoren der
iffsbeschläge gegen das Rosten aufgestellt hat, so war es eben
zweckmäſsig als nützlich, daſs der Verein zur Beförderung
Gewerbfleiſses in Preuſsen das Problem der Luftheizung
ch eine eigene aus Physikern, Chemikern und Bauverstän-
en zusammengesetzte Commission sowohl theoretisch als auch
h den Resultaten der gemachten Erfahrungen untersuchen
s, und den abgestatteten Bericht öffentlich bekannt machte[1].
man hierin alles Nöthige über den Gegenstand zusammenge-
llt findet, so folge ich demselben im Wesentlichen, mit Be-
tzung dessen, was Theorie und Erfahrung mir selbst an die
nd gegeben hat, ohne zugleich alle die überflüssigen oder
ädlichen Vorrichtungen zu erwähnen, womit solche Anlagen
ı Unkundigen überladen sind.

27. Nach dem oben aufgestellten Hauptprincipe ist es im
esentlichen nicht sehr verschieden, ob die Oefen im Zimmer
hen, und die durch sie erwärmte, mithin aufsteigende und
ch hinzutretende kältere ersetzte Luft dem zu erwärmenden
ume unmittelbar mittheilen, oder in einen eigenen Heizraum
geschlossen die umgebende Luft erwärmen, so daſs sie nach
tischen Gesetzen durch eigene Canäle in die Zimmer strömt.
bedarf daher für den Zweck der Luftheizung keiner eigen-
ümlichen Oefen, sondern die Construction derselben beruhet
f den nämlichen Bedingungen, als die der Zimmeröfen, und
e können daher auf gleiche Weise eingerichtet seyn, weswe-
n auch besondere Vorschriften hierfür ganz überflüſsig sind.
eil indeſs bei der Luftheizung die unangenehme Strahlung
r eisernen Oefen wegfällt, die Heizkammern und Canäle aber
n selbst Wärmebehälter zum Nachhalten der Wärme darbieten,
sind aus den in Nr. 16 angegebenen Gründen die guſseiser-
n Oefen vorzuziehen, weil Eisenblech bei anhaltender Hei-
ng leicht verbrennt, und eine Beschädigung der Oefen gerade
i der Luftheizung mit groſsen Unannehmlichkeiten verbunden
. Auf geschmackvolle Formen der Oefen zu sehen ist für die-
n Zweck unnöthig, und somit scheint mir folgende Construc-
n die vorzüglichste, weil sie ein hinreichend rasches und
llständiges Verbrennen des Brennmaterials befördert und zur

1 Die mehrerwähnte Schrift von Wagenmann: Ueber die Hei-
ng mit erwärmter Luft. Berl. 1827. 48 S. gr. 4. mit 3 Ktf.

Mittheilung der hierdurch erzeugten Wärme an die umgebende Luft die gröſste Oberfläche darbietet. A ist der Heizkasten mit seinem am Ende eingemauerten und durch eine eiserne Thür a verschlossenen Halse. Wegen eines in diesen Oefen leicht entstehenden übermäſsigen Luftzuges muſs in der Mitte oder unten in der Thür a noch ein kleines Thürchen oder ein Schieber angebracht werden, um durch eine gröſsere oder kleinere Oeffnung die Menge der einströmenden Luft zu regiren. Die Bodenplatte des Heizkastens ruhet mit dem einen Ende in der Mauer des Camin's, mit der andern auf einem Fuſse von gebrannten Steinen k, etwa 6 Par. Z. von dem gleichfalls mit gebrannten Steinen, oder noch besser mit Flieſsen, gepflasterten Boden der Heizkammer abstehend. Im Uebrigen ist die Construction des Ofens aus der Zeichnung klar. Er besteht nämlich aus vier ähnlichen Kasten b, c, d, e, welche mit ihren Oeffnungen in die Nuten des unteren Kastens passen, und indem hierdurch der ganze Ofen bloſs horizontale Fugen bekommt, in welche sich das Eisen durch sein eigenes Gewicht fest eindrückt, so steht nicht zu befürchten, daſs der Rauch irgendwo durchdringt, eine Bedingung, worauf man genau achten muſs. Auſserdem begreift jeder Sachverständige leicht, daſs bei dem ganzen Ofen weder Schrauben noch Bänder erforderlich sind, welche den Preis erhöhen und wegen ungleicher Ausdehnung des ungleichen Eisens dem dichten Schlieſsen mehr nachtheilig als vortheilhaft sind, abgesehen davon, daſs sie die Stärke und Haltbarkeit des Ganzen vermindern. Zwischen den einzelnen Kasten bleiben die Räume β, γ, δ, ε für die freie Luftcirculation offen, α, α, α und α aber sind dünne guſseiserne Platten, welche zum Tragen der freien Enden der Kasten dienen; zum Herausnehmen der fortgerissenen Asche aber und zum Reinigen des Ofens werden an der freistehenden schmaleren Seite solche Oeffnungen angebracht, als bei dem in Nr. 20 beschriebenen Ofen. Der letzte Kasten e hat einen Hals f, welcher rund oder quadratisch seyn, und etwa 6 Z. Durchmesser oder 5 bis 6 Z. Seite haben kann, durch die Mauer des Camin's geht, und mit einer Klappe g vermittelst der Stange und des Ringes h verschlieſsbar seyn muſs. Auſser den angegebenen Dimensionen, aus denen die übrigen von selbst folgen, ist noch zu bemerken, daſs die Tiefe des Ofens zu 18 Z., der Hals desselben aber von quadratischem Queerschnitte angenommen wird. Ein solcher Ofen, auf

Weise gegossen, wie die gemeinen Oefen, namentlich der Asbacher Hütte bei Kirn am Rhein gegossen werden, t an Gewicht nicht unter 600 aber auch nicht über 1000 ℔ l kostet somit zur Stelle nach dortigen Preisen zwischen 40 60 preuſs. Thaler. Findet man die Höhe, welche vom Bo- ı an gerechnet höchstens 8 Par. F. betragen würde, zu groſs, kann dieselbe dadurch vermindert werden, daſs man die obe- ı Theile des Ofens, mit Ausnahme des Heizkastens, niedri- r macht, oder die Kasten c und d ganz wegläſst, und e un- ttelbar auf b setzt, wobei dann der Rauch zwar nicht so voll- ndig abgekühlt wird, die Lufheizung aber bei minder günsti- n Locale dennoch sehr gut möglich bleibt. Die hier ange-)enen Dimensionen können nach Umständen höchstens um vermindert werden, eine Vergröſserung derselben ist aber rchaus nicht rathsam, weil sie den angegebenen Forde- ıgen an einen guten Ofen nicht zusagen würde; verlangt ın aber mehr als ein solcher Ofen zu leisten vermag, wie vielen Fällen leicht der Fall seyn kann, so besteht ein ein- :hes Mittel darin, daſs man zwei oder mehrere Oefen in e Heizkammer stellt, bis man über den geforderten Effect sichert ist, und ich wundere mich in der That, daſs ich e Angabe dieses so einfachen und in mancher Beziehung) zweckdienlichen Mittels noch nirgend gefunden habe. Sind ie Dimensionen des Ofens, namentlich die Höhe des Heizka- tens A, überhaupt kleiner, so muſs die Flamme an der hinte- n Wand des Ofens, wie bei gewöhnlichen Circuliröfen, auf- eigen, und der Ofen erhält durch entgegengesetzte Circulation nen Kasten weniger, wie aus dem Anblicke der Zeichnung n selbst folgt.

Uebrigens wird die erforderliche Gröſse des einen oder der ehreren anzuwendenden Oefen leicht nach den in Nr. 22, 23 nd 24 angegebenen Regeln gefunden, mit Rücksicht auf einige äter zu erwähnende Eigenthümlichkeiten der Luftheizung. lle anderweitigen vielfachen Vorschläge von einer Verbindung er Oefen mit Circuliröfen, Trommeln, Röhren, welche lothrecht der noch zweckwidriger horizontal durch den Ofen gehend, ie Circulation der Luft befördern sollen, von einem Röhren- ysteme, welches mantelartig den Ofen, wie den von Strutt, mgiebt, um die Luft zur Berührung mit der Oberfläche des Me- alles zu zwingen, übergehe ich mit Stillschweigen, weil sie,

wie in Whiston's geologischer Theorie geschieht, gleichsam voraussetzen, daſs das Naturgesetz vom Aufsteigen der leichteren Luſttheilchen in den schwereren bei den Luftheizungsöfen aufgehoben seyn könne, und in so fern wesentlich nachtheilig sind, als sie theils die Bedingungen des schnellen Verbrennens der Brennmaterialien hindern, theils das oft so nöthige Hinzukommen zum Ofen unmöglich machen, und endlich die beabsichtigte freie Circulation der Luft mehr hindern als befördern. Wer sich von den auſserordentlichen Wallungen der Luft, welche in einem Heizraume den Ofen umspielt, durch den Augenschein überzeugen will, der darf nur etwas Magnesia[1] aus einem Glase durch Flor gegen den Ofen pudern, um aus der Bewegung der fortgerissenen Theilchen die Luftströmungen zu erkennen.

28. Die *Heizkammern*, worin die Oefen stehen, sollen nicht selbst geheizt werden, vielmehr ist die Wärme, welche sie aufnehmen, und nach Auſsen zerstreuen, ein von der Luftheizung unzertrennlicher Verlust, sondern sie sind bloſs dazu bestimmt, die zu erwärmende Luft einzuschlieſsen, bis sie durch die Wärmecanäle entweicht, und die kalte von Auſsen an ihre Stelle tritt. Hieraus folgt von selbst, daſs das Material derselben ein schlechter Wärmeleiter seyn muſs, und so werden sie am besten von gebrannten Steinen verfertigt, inwendig und auswendig mit Kalk beworfen und verputzt. Man hat ganz zweckmäſsig vorgeschlagen, sie in der Art doppelt zu machen, daſs beide Wandungen durch eine Luftschicht von etwa 6 Z. Dicke getrennt würden, weil die trockne Luft ein schlechter Wärmeleiter ist; noch besser würde man diesen Zweck erreichen, wenn man eine innere Heizkammer von verzinntem Eisenbleche in einem Abstande von etwa 6 Z. mit einer gemeinen Heizkammer aus gebrannten Steinen umgäbe, eine minder kostbare Vorrichtung, als so manche unnöthige Künsteleien an den Oefen, und wobei die Dicke der äuſseren Heizkammer nicht über 12 Z. erfordern würde. Ist die Heizkammer einfach, so wird ihre Dicke durch den Gebrauch der ganzen Heizung bedingt. Wenn diese nämlich für Kirchen, Theater, Concertsäle u. s. w. be-

---

1 Andere Substanzen, welche mit der Oberfläche der Oefen in Berührung gebracht, verbrennen, sind zu diesem Versuche unbrauchbar.

mmt ist, so daſs sie nur an einzelnen Tagen gebraucht wird d in den Zwischenzeiten völlig wieder erkaltet, so reicht ie Dicke von 12 Z. hin, weil diese in den wenigen Stunden r Heizung nicht völlig durchwärmt wird, vielweniger also ie bedeutende Menge Wärme nach Auſsen abzugeben im inde ist. Soll sie dagegen dazu dienen, um ein oder mehrere mmer stets warm zu erhalten, so ist eine Dicke von 18 Z. er-rderlich und von 2 F. noch vortheilhafter, auch würde für die-n Fall, vorzüglich in kälteren Gegenden, eine doppelte, oder e oben angegebene innere Umgebung der Heizkammer aus eiſsbleich durch Verminderung des Holzaufwandes die gröſse-n Kosten bald wieder ersetzen. Der Natur der Sache nach fordert die Heizkammer oben eine solche Wölbung oder Ver-igerung, daſs die erhitzte Luft aus ihr leicht und ungehindert den oder in die Wärmecanäle strömen kann, und nachtheilig t es auf allen Fall, wenn die Oeffnungen der letzteren niedri-er liegen, als die oberste Höhe der Heizkammer, weil dann inz oben eine Stagnation der heiſsesten Luftschichten und ein ieter Verlust an Wärme durch die Decke eintritt.

Die Bestimmung des Abstandes der inneren Wandung der Heizkammer vom Ofen hängt von verschiedenen, zum Theil inander entgegengesetzten Bedingungen ab. Gerade die an-scheinend wesentlichste, nämlich die hinlängliche Erwärmung der erforderlichen Luftmenge innerhalb derselben, kommt bis zu einer gewissen Grenze gar nicht in Betrachtung. Es wird näm-lich in der Folge gezeigt werden, daſs die Geschwindigkeit der in den Wärmecanälen aufsteigenden Luft ihrer Temperatur direct proportional ist. Befindet sich daher wenig Luft in der engeren Heizkammer, so wird sie stärker erwärmt werden, daher auch wegen schnellerer Strömung in kürzerer Zeit wechseln und so-mit kürzere Zeit mit dem Ofen in Berührung bleiben, bis beide einander entgegengesetzte Bedingungen in ein gewisses Gleich-gewicht kommen. Hieraus folgt aber unmittelbar, daſs man bei der Luftheizung auf gleiche Weise als bei der Ofenheizung hauptsächlich nur dahin zu sehen habe, daſs jederzeit eine hin-längliche Menge Luft bis auf die erforderliche Temperatur er-wärmt werde. Auf der andern Seite wird die Wärmestrahlung des Ofens die innere Wandung der Heizkammer um so viel we-niger treffen, folglich diese um so weniger Wärme nach Auſsen ableiten, je gröſser der Abstand derselben ist, ja es lieſse sich

ein Abstand denken, in welchem sie dem Ofen gar keine Wä me entzöge, wenn man annehmen könnte, daſs die den O zunächst umgebende, und durch ihn erwärmte Luft fortwä rend in die Höhe stiege und durch andere, von unten durch nen Canal herbeigeführte wieder ersetzt würde, ohne die e ferntere umgebende mit in diese Bewegung zu ziehen. W dieses Letztere aber in der Ausführung unmöglich ist, so w den die auf allen Fall erwärmten Wände der Heizkammer e ihrer Oberfläche proportionale Menge Wärme annehmen u durchlassen, und in dieser Hinsicht also nicht von zu weit Umfange seyn müssen. Indem zu diesen Rücksichten also no eine neue, nämlich Vermeidung einer unnöthigen Verschwe dung von Raum der Heizkammern, und von der andern Se das Bedürfniſs hinzukommt, den eingeschlossenen Ofen zu u tersuchen und zu reinigen, so wird ein Zwischenraum von 9 an zwei Seiten und von 18 Z. an den beiden andern zwisch dem Ofen und der inneren Wandung der Heizkammer den v schiedenen Forderungen am besten angemessen seyn, ohne d einige Zolle mehr oder weniger einen bedeutenden Untersch herbeiführen. Aus der letztgenannten Ursache, nämlich w man zu Zeiten am Ofen nachsehen und denselben reinigen mu ist es erforderlich, daſs man von Auſsen in die Heizkamm kommen könne. Hierzu bedarf es indeſs eines bloſsen Loch welches etwa 2 bis 3 F. über dem Boden und 18 Z. bis hö stens 2 F. im Durchmesser haltend, quadratisch oder rund in Wand der Heizkammer angebracht, und inwendig mit ei Thüre von Eisenblech, auswendig aber von Holz, verschlo sen wird.

Man hat in einigen Fällen[1] in den Heizkammern gröſse oder kleinere Wärmemagazine, aus locker aufgeschichteten u durch eiserne Bänder zusammengehaltenen Granitsteinen ang legt, an deren Statt man jede beliebige andere Steine, z. Basalte, Porphyre u. s. w. nehmen könnte, und die Erfahru soll für die Güte dieser Einrichtung zeugen. Wenn man d Kosten und den gröſseren erforderlichen Raum nicht in Anschl bringt, so läſst sich schwerlich ein positiver Nachtheil eines so

---

1 Namentlich bei der durch den Baudirector u. Regierungs-Ra Triest im Locale des Kön. Kriegsministeriums in Berlin angelegt Luftheizung. S. Wagenmann a. a. O. S. 42.

Apparates nachweisen, allein schon aus diesen Gründen noch aus andern würde ich im Ganzen dagegen entschei- Beim Anfange der Heizung nämlich muſs die Wärmepro- ion am stärksten seyn, weil dann nicht bloſs die unausge- statt findende Ableitung der Wärme durch die Umgebun- der Zimmer ersetzt werden soll, sondern zugleich die im mer enthaltene Luft, die Wände und Decken und obendrein Heizkammer selbst eine Erhöhung der Temperatur erfordern. dieser nämlichen Zeit nehmen dann auch jene Magazine ei- sehr groſsen Theil der erzeugten Wärme auf, um sie später der abzugeben, wenn bloſs der anhaltende Wärmeverlust der mer einen Ersatz fordert. Man bedarf daher zur gleichzeiti- Erwärmung jener Magazine einer ungleich gröſseren Wär- roduction, als ohne diese nöthig seyn würde, und erreicht it nichts weiter, als daſs die Heizung dann eine desto län- e Zeit aufhören könne. Auſserdem sind die Wände der izkammer selbst sehr bedeutende Wärmemagazine, welche Nachhalten der Wärme mindestens eben so gut zu bewirken mögen, als gewöhnliche thönerne Oefen. Diesemnach würde solche künstliche Magazine bloſs in denjenigen Fällen geeig- t finden, wenn Gründe vorhanden sind, die Heizung der Oe- n mehrere Stunden lang zu unterbrechen, z. B. bei Kranken- mmern oder Schlafzimmern, wenn man diese auch während er Nacht möglichst gleichmäſsig warm zu erhalten wünscht, hne dann das Heizen fortzusetzen, wäre es auch nur um das eräusch zu vermeiden, welches vermöge der Fortpflanzung des challes durch die Wärme-Canäle leicht gehört werden könnte[1].

29. Ueber den Ort, wo die Heizkammern anzulegen sind,

---

1 Prof. Walchner in Carlsruhe und ich waren vor 2 Jahren genöthigt, iter nachtheiligen Bedingungen eine Luftheizung zu entwerfen, wel- e dann sofort durch mich ausgeführt wurde. Sie ist ohne alle Kün- eleien so einfach, als ich die Vorrichtung im Allgemeinen hier be- hreibe. Ein einziger Ofen der Localität wegen nur mit einer einzigen irculation, und daher minder vortheilhaft construirt, als der oben eschriebene, heizt 7 Zimmer, sämmtlich so schwer heizbar, als die- s nur unter den nachtheiligsten Bedingungen seyn kann, deren Ge- ammt-Inhalt 19491 Par. Cub. F. beträgt. Bei einer äuſseren Tempe- atur von — 15° bis — 21° R. war die in den Zimmern + 12° R. Daſs der Ofen bei so nachtheiligen Bedingungen mitunter Tag und Nacht geheizt werden muſste, und daher viel Holz kostete, ist gewiſs nicht zu verwundern, und lieſs sich im Voraus berechnen.

kann kein Zweifel obwalten. Es wird nämlich in der Folg
zeigt werden, daſs die Geschwindigkeit der Luftströmung
Quadratwurzeln aus der Höhe der Leitungs - Canäle fü
warme Luft direct proportional ist. Wird in der hierüber
nächst anzugebenden Formel die Höhe h = 0 gesetzt, so
die Geschwindigkeit der Luftströmung gleichfalls = 0.
aus folgt schon von selbst, daſs die Heizkammer mit den z
wärmenden Zimmern nicht in derselben horizontalen Eben
gen darf, und obgleich bei der für den sogenannten Luftwe
eingerichteten Luftheizung die gemeinschaftliche Wirkung
Canales, wodurch die zwar kalte, aber allezeit dennoch
erwärmte Luft aus den Zimmern in die Höhe geleitet wird,
desjenigen, welcher ihnen die erhitzte Luft zuführt, die
schwindigkeit der Strömung bedingt, so läſst sich dennoch
weisen, daſs unter geeigneten Umständen auf gleiche Weise
der verlangten entgegengesetzte Strömung eintreten könnte
dieses nicht selten bei den Schornsteinen der Fall ist. A
nommen nämlich, es würde eine an sich keineswegs geringe
strömung von 3 F. in 1 Sec. erzeugt, zugleich aber drän
das Zimmer durch die individuelle Richtung des Windes e
Umfang gleich starker Luftstrom von 4 F. Geschwindigke
derselben Zeit (eine nicht übertriebene Gröſse, da ma
den kaum merklichen Wind 10 F. rechnet), so würde sic
erhitzte Luft offenbar mit 1 F. Geschwindigkeit rückwärt
wegen. Hierin liegt der einfache Grund der manchen so
selhaft vorkommenden Erscheinung, daſs von zwei Zim
welche durch den nämlichen Heiz - Canal aus zwei Oeffnu
desselben erwärmt werden sollen, nur das eine warme Lu
hält, während in dem andern die kalte Luft in die Oeff
einströmt. Die Heizkammern gehören also auf allen Fall
das Niveau der zu heizenden Zimmer, und der eigentlich f
geeignete Ort ist ein Souterrain, wenn gleich ihre eigene
sowohl bei der Einrichtung für den Luftwechsel als auch fü
Circulation auf allen Fall bei gehöriger und nicht absichtlich
dersinniger Construction mindestens einige Strömung he
bringen muſs.

30. Der Eintritt der kalten Luft in die Heizkammer
auf eine gedoppelte Weise stattfinden, indem dieselbe entw
aus dem Freien zuströmt, oder aus den Zimmern wieder i
Heizkammer zurückgeleitet wird. Im ersteren Falle hat die

gar keine Schwierigkeit. Es bedarf nämlich nur einer ıung unten am Boden in der Heizkammer, deren Queer- itt der Summe der Queerschnitte aller Ableitungs-Canäle für varme Luft gleich ist, und zu welcher die äuſsere Luft ent- er unmittelbar aus dem freien Raume oder aus einem sonsti- mit reiner Luft erfüllten Orte freien Zutritt hat. Fürchtet eine Verunreinigung derselben, so kann man einen Canal jener Oeffnung aus ins Freie führen, welcher aber etwas iter, als jene Oeffnung seyn muſs, wenn er lang und haupt- ılich, wenn er gekrümmt ist, und daſs derselbe gegen Verun- igung geschützt werde, versteht sich wohl von selbst. Alle ge Künsteleien, namentlich Canäle mit Thürmen und Wind- ıen als Luftfänge, sind überflüssig, mitunter nachtheilig. die kältere Luft aus den Zimmern wieder in die Heizkam- zurückgeführt werden, so legt man hierfür einen Canal un- telbar über dem Fuſsboden oder in demselben an, welcher an den Boden der Heizkammer herabgeht, und daselbst ndet. Die Weite desselben muſs der des Wärmecanals gleich n. Welche von diesen beiden Arten, deren erste man den *ftwechsel*, die zweite dagegen die *Circulation* nennt, zu ihlen sey, dieses wird durch die Bestimmung der zu heizen- n Zimmer entschieden. Sind diese Trockenstuben, wozu die uftheizung mit ganz überwiegendem Vortheile geeignet ist, so ersteht sich von selbst, daſs die mit Dämpfen überfüllte Luft erselben nach Auſsen geleitet, der Heizkammer dagegen stets eue zugeführt werde. Eben dieses ist der Fall, wenn Kran- nzimmer oder Fabriksäle auf diese Weise geheizt werden, in nen die verarbeiteten Materialien oder die groſse Zahl der ver- nten Menschen eine stete Ventilation nothwendig machen. Bei heatern, Tanz-, Concert-, Klubbsälen u. s. w., kann die it der Ausdünstung so vieler Menschen überfüllte Luft nicht glich dem heiſsen Ofen wieder zugeführt werden; weil aber lche Räume in der Regel früher erwärmt werden müssen, als e mit Menschen angefüllt sind, so ist es rathsam, beide Ein- chtungen zu vereinigen, und anfangs die kalte Luft der Zim- ıer wieder in die Heizkammer zurückzuführen, nach der An- illung mit Menschen aber den hierfür bestimmten Canal zu chlieſsen, und denjenigen zu öffnen, welcher die Luft aus dem immer abzuführen bestimmt ist. Eine zweckmäſsig eingerich- ete Luftheizung wird zwar nicht leicht ohne den erwarteten

Effect seyn; soll aber die Sicherheit des letzteren in Bezieh auf die vorliegende Frage bestimmt werden, so ist es allerdi denkbar, daſs auf gleiche Weise, als bei manchen Schorns nen, in dem Ableitungscanale der Luft aus dem Zimmer e auf die Gänge der Gebäude oder auf den Speicher, oder endl auch ins Freie ein so starker herabgehender Luftstrom entstän als nöthig wäre, um die kalte Luft mit gleicher Geschwindig in das Zimmer herabzudrücken, als womit sie im Wärmecar aufsteigt, und dadurch die Wirkung des letzteren aufzuhe oder sogar umzukehren, in welchem Falle dann die Einricht der Circulation sicherer seyn würde. Weil aber die Luft Ableitungscanale auf allen Fall wärmer als die äuſsere ist, daher nach physikalischen Gesetzen schon an sich eine gew Steigkraft erhält und diese noch obendrein durch diejenige mehrt wird, welche der Wärmecanal erzeugt, so ist für beträchtliche Höhe beider der angegebene Fall fast unmög mindestens aber höchst unwahrscheinlich. Wenn auf der dern Seite der Ableitungscanal für die kalte Luft in die He kammer zurückgeführt ist, der Boden der letzteren sehr w wird, die Höhen beider Canäle, des für die warme Luft des für die kalte bestimmten, einander gleich sind, so läſst denken, daſs bei anfangender Heizung in beiden etwas k Luft niedersinkt und wenig warme aufsteigt, allmälig aber be in ein Gleichgewicht kommen, vermöge dessen aus der schlossenen Heizkammer keine Luft aufsteigen kann, weil s ein Vacuum in ihr entstehen müſste. Aber auch diese Mögli keit beruhet auf einer so groſsen Menge von Zufälligkeiten, sie mindestens höchst unwahrscheinlich wird; indeſs scheint so viel gewiſs, daſs eine schnellere Strömung dann entst wenn die kalte Luft durch eigene Abzugscanäle aus den Z mern in höhere Räume oder ins Freie geleitet wird, als w man sie in die Heizkammer zurückführt, wobei in beiden len die Abzugs-Canäle vom Fuſsboden ausgehen müssen[1].

---

1 Mir ist von einem glaubhaften Augenzeugen erzählt, daſs Luftheizung, bei welcher die kalte Luft wieder in die Heizkam zurückgeführt wurde, den erwarteten Effect nicht hervorbrachte, man einen Abzugs-Canal der kalten Luft ins Freie anlegte, wo die verlangte Wärme erhalten wurde. Indeſs ist mir weder die T sache, noch die inviduelle Construction so genau bekannt, daſs ein Urtheil darauf gründen könnte.

Aus einer Rücksicht ist indeſs, die übrigen bereits angege-
ı Bedingungen gleich gesetzt, diejenige Einrichtung vorzu-
n, nach welcher die kalte Luft aus den Zimmern in die
kammer zurückgeführt wird, und zwar aus der ökonomi-
ı. Es leuchtet nämlich schon an sich ein, daſs nicht bloſs
, sondern eine allmälig zunehmend stärker erwärmte Luft
ı die Abzugs-Canäle aus den Zimmern geleitet wird, wenn
:h am Fuſsboden derselben eine verhältniſsmäſsig kalte Schicht
ıanden seyn mag, und daſs somit diejenige Wärme ganz
oren wird, welche dieser Schicht bereits mitgetheilt ist, es
denn, daſs man diese etwas erwärmte Luft für höher lie-
le Räume, als Gänge, Kammern u. s. w. benutzen wollte.
ſs hat Wagenmann[1] durch eine genaue Berechnung selbst
Verhältniſs aufgestellt, in welchem die Heizung mit Abzugs-
ılen ins Freie einen gröſseren Aufwand an Brennmaterial er-
ert als mit solchen, welche die kalte Luft der Zimmer wie-
in die Heizkammer zurückführen. Ist nämlich die erforder-
e Menge erwärmter Luft = a die demnach in der nämlichen
: aus dem Wärmecanale zuströmende = x; der Unterschied
äuſseren und der Zimmertemperatur = t, die Wärme der
ließenden Luft = t′; die der abſlieſsenden = t″, so ist

$$xt' = at + xt''; \text{ also } x = \frac{at}{t' - t''},$$

oraus die erforderliche Menge Luft, welche in der gegebenen
eit um t Grade erwärmt werden muſs, damit das Zimmer seine
ittlere Temperatur beibehalte

$$\frac{t'}{t}x = \frac{t'}{t' - t''}a$$

funden wird. Diesemnach verhält sich die erforderliche Menge
r zu erwärmenden Luft bei der Circulation zu der beim Luft-
echsel wie $a : \frac{t'}{t' - t''}a$ oder wie $1 : \frac{t'}{t' - t''} = 1 : 1 + \frac{t''}{t' - t''}$,
orin das letzte Glied den allezeit stattfindenden Mehrbedarf der
ärmeerzeugung beim Luftwechsel ausdrückt. Hieraus folgt,
ſs der Luftwechsel allezeit einen Wärmeverlust herbeiführt,
elcher so viel gröſser ist, je höher die Temperatur der abge-
iteten Luft steigt und je geringer der Unterschied der Tempe-
turen dieser und der zugeführten wird. Wäre nämlich t′ = t″,

1 A. a. O.

oder die Temperatur der abgeleiteten Luft derjenigen der zug

führten gleich, so würde $\frac{t''}{t'-t''} = \infty$ seyn, d. h. es würde al zugeführte Wärme auch wieder abgeleitet, und könnte dur eine unendliche Wärmeproduction keine Erhöhung der Temp ratur erzeugt werden [1]. Wird dagegen $t'' = \frac{1}{2} t'$, so ist $\frac{t''}{t'-}$ $= 1$ und es verhält sich der Holzaufwand bei der Circulation dem beim Luftwechsel wie 1 : 2. Es liegt in der Natur d Sache, daſs die Luft aus dem Wärmecanale so viel wärm seyn müsse, je gröſser der Unterschied der mittleren Temper tur des Zimmers und der äuſseren Luft ist, und so kann es ziem lich als Regel angenommen werden, daſs die Temperatur d Zimmers das arithmetische Mittel zwischen der äuſseren und d zuströmenden warmen sey, in welchem Falle $t = \frac{t'}{2}$, und da Verhältniſs des Brennmaterials $= 1 : \frac{2t}{2t - t''} = 1 : 1 + \frac{t''}{2t-}$ ist. Der im letzten Gliede ausgedrückte Mehrbedarf kann ni $= 1$ werden, weil t'' allezeit kleiner ist als t, und somit kan in der Wirklichkeit der Verbrauch des Brennmaterials beim Luft wechsel nie das Doppelte von demjenigen betragen, welchen di Circulation erfordert. Um endlich ein Beispiel in Zahlen aufzu nehmen, sey die äuſsere Temperatur — 10° C.; die der unter Luftschichten des Zimmers = 14° C. die mittlere des Zimmer = 18° C. und der zuströmenden Luft = 40° C., so ist als $t = 28°$ C.; $t' = 40°$ C.; $t'' = 14°$ C., mithin $\frac{t''}{t'-t''} = \frac{14}{40-1}$ $= \frac{14}{26}$ und das Verhältniſs der Holzconsumtion zwischen beiden Einrichtungen = 13 : 20 wobei also der Luftwechsel etwas über die Hälfte oder $\frac{7}{13}$ mehr Brennmaterial erfordern würde, als die Circulation.

31. Die Canäle, welche die warme Luft aus der Heizkam

---

1 Diesem anscheinend paradoxen Satze steht ein anderer noch paradoxerer zur Seite. Wäre nämlich $t'' > t'$, so würde $\frac{t''}{t'-t''}$ nega tiv, und der Luftwechsel weniger Brennmaterial erfordern, als die Circulation. In diesem Falle aber müſste derselbe eine eigenthümli che Wärmequelle in sich selbst haben, und das Resultat der Formel wäre allerdings gerechtfertigt.

die Zimmer führen, und wegen schnellerer Strömung etwas enger gemacht werden als die Ableitungs-Ca- die kalte, bieten im Ganzen nur geringe Schwierigkei- erfordern jedoch eine der richtigen Theorie angemes- ıstruction. Wird in massiven Häusern die Luftheizung mit der Erbauung eingerichtet, so ist das Einfachste, dem Innern der Seitenwände sogleich hinaufzuführen, ɛsetzt, daſs sie mit den Thüröffnungen nicht in Collision ı. Die Tragbalken, deren Nähe Wagenmann wegen efahr fürchtet, kommen weniger in Betrachtung, weil ıen leicht ausweichen kann, und ein Entzünden dersel- rch die Luft (wenn kein stark aufloderndes Feuer in der nmer selbst ausbricht) unmöglich ist. Hierzu wäre näm- ıe Hitze von mehr als 250° C. erforderlich, welche in Canale entstehen kann, da die Geschwindigkeit der Luft- ıg ihrer Temperatur direct proportional ist, und die Luft ɜu schnell wechseln würde, als daſs sie diese Hitze an- ı könnte. In dem angenommenen Falle also werden die sogleich bei der Aufführung der Mauern hergestellt, und lig glatt mit Mörtel oder noch besser mit Gyps verputzt, ie Bewegung der Luft in Canälen so viel leichter von ı geht, je glattere Flächen diese haben. Wird eine Luft- ıg in einem schon fertigen oder einem nicht massiven : eingerichtet, so liegt es in der Natur der Sache, daſs der ıg des Leitungs-Canals von der Heizkammer aus, und sam als Fortsetzung derselben aus gebrannten Steinen ge- t sey, die Fortsetzung desselben kann aber dann aus thö- n Röhren, aus blechenen (insbesondere von dem wenig ıe strahlenden Weiſsblech) und selbst aus hölzernen beste- welche letztere aber einen Ueberzug von Leinen, darüber 'apier, auch wohl einen Verputz und einen Anstrich erhal- üssen, um fortdauernd luftdicht zu seyn; vorzugsweise te ich die letzteren indeſs nicht empfehlen. Um durch die e nicht zu viele Wärme zu verlieren, räth Wagenmann ɪnächst mit einer Luftschicht und dann mit einer Mauer zu ben, ein nicht verwerflicher Vorschlag, wenn die Localität laubt und die Zimmer dadurch nicht entstellt werden.

Die Weite der Canäle kann theoretisch sehr scharf bestimmt en, wenn man berücksichtigt, daſs die Luft in ihnen mit gewissen geforderten Geschwindigkeit aufsteigen soll. Nach

statischen Gesetzen fällt eine Säule irgend einer Flüssigkeit den Quadratwurzeln aus ihrer Höhe proportional, und wenn daher als Zeiteinheit eine Sexagesimalsecunde angenommen, der lothrechte Fallraum in derselben g, die Höhe der herabfallenden Säule aber h genannt wird, so ist die Fallgeschwindigkeit in Paris. Fuſs in einer Secunde[1]

$$c = \sqrt{4gh} \ldots\ldots (1)$$

Die Luftsäule fällt oder steigt aber nicht mit ihrem ganzen Gewichte, sondern bloſs mit ihrem relativen, und die gegebene Formel muſs daher mit dem hieraus erhaltenen Factor multiplicirt werden. Heiſst daher in Graden des hunderttheiligen Thermometers die Temperatur der Luft, in welcher die gegebene Luftsäule herabfallen soll $= t$, ihre eigene Temperatur $= t'$ der Unterschied $t - t' = t''$, so ist diesemnach ihre Fall-Geschwindigkeit in einer Secunde $= t'' \sqrt{4gh}$. Ist dann t' kleiner als t, mithin die betrachtete Luftsäule schwerer, so wird die Geschwindigkeit ihres Falles unmittelbar gegeben. Ist umgekehrt t' gröſser als t, oder ist die gegebene Luftsäule die wärmere, so wird das Resultat der Formel gleich groſs, aber negativ, d. h. die wärmere Luftsäule wird mit der nämlichen Geschwindigkeit aufsteigen, mit welcher die kältere herabsinkt. Das gröſsere oder geringere Gewicht der Luftsäule (ihr relatives Gewicht, womit sie herabsinkt oder aufsteigt) wird aber nicht durch die Temperatur unmittelbar gegeben, sondern durch die Zusammenziehung oder Ausdehnung, welche sie durch dieselbe erleidet, und da diese Gröſse eine durch Erfahrung genau bestimmte ist, so ergiebt dieses von selbst den erforderlichen Factor $= 0{,}00375$ für 1° C. und es ist also

$$c = 0{,}00375\, t'' \sqrt{4gh} \ldots\ldots (2)$$

So wie aber endlich ein aufsteigender Wasserstrahl, z. B. bei einer Fontaine, nicht die volle Höhe erreicht, welche er den Gesetzen nach erreichen müſste, weil bei seiner Bewegung ein vielfacher Widerstand zu überwinden ist, so wird auch die Luftsäule nicht die ganze aus der Formel folgende Geschwindigkeit erhalten, weil sie hieran durch die Trägheit der Masse, den Gegendruck der aus der Stelle zu treibenden Luft, die Adhäsion an den Wänden der Canäle u. s. w. gehindert wird.

---

1 Diese allgemein bekannte Formel bedarf keines Beweises. Vergl. *Fall.* Th. IV. S. 6.

;. Schmidt[1] hat durch sinnreiche Versuche denjenigen Fa- aufgefunden, welcher aus diesen Hindernissen der Bewe- ; hervorgeht, indem er die Geschwindigkeit der in einer benen Röhre aufsteigenden erhitzten Luft vermittelst der Zahl Jmdrehungen eines kleinen Flugrädchens in einer gemessenen bestimmte, und ihn $= 0{,}43$ fand. Dieser ist zwar geringer, andere ihn gefunden haben, allein bei der Genauigkeit der suche und der Uebereinstimmung ihrer gesammten Resultate ;e ich denselben nicht um mehr als 0,07 zu erhöhen, so daſs in runder Zahl 1,5 herauskommt. Hiernach ist also

$$c = 0{,}5 \times 0{,}00375\, t'' \sqrt{4gh} \ldots\ldots (3)$$

wenn g zu 15 Par. F. angenommen wird, für 1 Secunde: $0{,}014523\, t'' \sqrt{h}$ für 1 Minute: $c = 0{,}87142\, t'' \sqrt{h}$. Es ält sich also die Geschwindigkeit der Luftströmung in den mecanälen directe wie die Differenz der Temperaturen in Quadratwurzeln aus den Höhen. Hat man hiernach die Ge- vindigkeit der Strömung gefunden, so darf man diese nur dem Querschnitte des Canales multipliciren, um die Quan- der in einer gegebenen Zeit in das Zimmer strömenden Luft ub. Fuſsen zu erhalten. In der Regel ist der Cubik-Inhalt in 1 Min. erforderlichen Quantität Luft bekannt, und man auch annehmen, daſs die Höhe des Canales und die Tem- atur der Luft in demselben bekannt sey, und dann läſst sich diesen Gröſsen der Querschnitt des Canales finden. Heiſst letztere in Quadratfuſs $= q$; die Quantität der in 1 Minute rderlichen Luftmenge $= m$, so ist

$$q = \frac{m}{0{,}87142\, t''} \sqrt{h} \ldots\ldots (4)$$

aus sich ergiebt, daſs der Querschnitt des Canales so viel ser seyn muſs, je geringer seine Höhe und die Wärme der im strömenden Luft ist.

In Beziehung auf eine für die Praxis geeignete genäherte abe der Dimension des Canales für die warme Luft kommt noch folgendes in Betrachtung. Sobald der Ofen die geeig- Construction und die erforderliche Gröſse hat, um die nö- e Quantität Wärme zu erzeugen, und es übrigens nicht ge- nothwendig ist, daſs die Temperatur der Luft im Wärme- le unter einer gewissen Gröſse bleibe, so kommt die Weite

1 Hand- und Lehrbuch der Naturlehre. Gieſs. 1826. S. 216.

des letzteren weniger in Betrachtung, weil die Geschwindig der Strömung der Temperatur direct proportional ist, die in nem engeren Canale strömende geringere Luftmenge aber soviel längere Zeit in der Heizkammer verweilt, dadurch so mehr Wärme annimmt und somit eine schnellere Strömung hält. Die Hauptsache bei der Luftheizung, wie bei der Ol heizung, bleibt daher immer die Erzeugung der erforderlid Quantität Wärme in der Heizkammer, und deswegen ist o die Gröſse der Oefen so angenommen, daſs sie hierzu mehr vollständig ausreicht. Ferner aber macht es einen groſsen U terschied, ob die Luftheizung für die Circulation oder den L wechsel eingerichtet ist. Im ersteren Falle nämlich ist die hitzte Luft als eine wärmere Luftsäule anzusehen, welche der minder warmen des Zimmers aufsteigt, wonach also t Differenz beider Temperaturen gleich ist. Sollte die Geschw digkeit der Bewegung dann genau bestimmt werden, so w es erforderlich auch den Einfluſs zu berechnen, welchen Herabsinken der kälteren Luft in die Heizkammer erzeugt. W aber die herabsinkende Luftsäule auf allen Fall nicht für sich einer gleich geschwinden Bewegung, als die aufsteigende so citirt wird, dennoch aber nothwendig mit gleicher Geschw digkeit herabsinken muſs, weil sonst ein Vacuum in der He kammer und eine Ueberfüllung in den Zimmern entstehen wü so folgt, aus diesem Gesichtspuncte die Sache betrachtet, h aus vielmehr eine Verzögerung der Geschwindigkeit, wo die Luft in dem Wärmecanale aufsteigt. Inzwischen wa gleiches Herabsinken auch bei denjenigen Versuchen er derlich, wodurch G. G. Schmidt den oben aufgenomm Coëfficienten gefunden hat, und es läſst sich sonach le erklären, warum derselbe geringer als 0,5 gefunden wu indem die aufsteigende Luftsäule durch ihre Steigkraft ihr gleiche zum Herabsinken vermögen muſste. Bei Luftheizung durch Circulation sinkt die kalte Luftsäule m destens mit einiger eigenthümlichen Kraft herab, und w man daher den oben angenommenen Coëfficienten $= 0,5$ behält, so wird auf allen Fall die berechnete Geschwin keit nicht zu groſs gefunden werden, welches für die Praxi lezeit das sicherste ist. Ganz anders verhält sich die Sache gegen im Falle des Luftwechsels. Hierbei ist, mit Rück auf die Unterbrechung durch das Zimmer, die erwärmte Luft

Zufluſs - Canale und die etwas kältere, welche im Abzugs-
ale aufsteigt, als eine einzige zu betrachten, welche bis zur
leren Temperatur beider erwärmt, wie durch eine commu-
rende Röhre mit der kälteren äuſseren Luft verbunden, in
er aufzusteigen sollicitirt wird. Eine genaue Bestimmung
de also erfordern, nicht bloſs die Geschwindigkeit der Be-
gung zu berechnen, welche die Luftsäule im Wärmecanale
rch die Differenz ihrer Wärme und die der äuſseren Luft, des-
ichen durch die Höhe des Canals erhält, sondern hierzu
h diejenige zu addiren, welche die Höhe des Abzugs - Canals
d der Temperaturunterschied der in ihm eingeschlossenen und
äuſseren erzeugt. Auf allen Fall folgt hieraus, daſs man ver-
telst des Luftwechsels ungleich schneller eine höhere Tempe-
ır in einem Zimmer hervorbringen könne, als durch die Cir-
ation, aber mit gröſserem Aufwande von Brennmaterial. Es
nmen hierbei indeſs zwei Bedingungen in Betrachtung, wel-
e eine genaue Berechnung ungemein erschweren. Zuerst be-
ıen nämlich die Elemente der Berechnung überhaupt auf der
raussetzung, daſs die äuſsere Luft im Zustande der Ruhe sey,
lem bei der überwiegenden Menge der äuſsern Luft die durch
ıströmung zur Heizkammer weggenommene nicht in Betrach-
ng kommen kann. Allein die äuſsere Luft ist nie völlig ru-
g, und ihre Bewegung kann daher, selbst bei lothrechten Ca-
älen, die Geschwindigkeit der Luftströmung in denselben be-
eutend vermehren oder vermindern. Indeſs ist es der Natur
r Sache nach unmöglich, diese Gröſse im Allgemeinen mit in
e Berechnung aufzunehmen, da selbst in einem gegebenen
eciellen Falle kaum denkbar ist, auf welche Weise alle ein-
lne Bedingungen genau bestimmbar seyn sollten. Zweitens ist
im Anfange der Heizung die Luft im Zimmer kalt, und die
irkung des Abzugs - Canals also nicht bloſs $= 0$, sondern so-
r negativ, weil die Trägheit der in demselben befindlichen
ıftsäule durch den Andrang der im Wärmecanale aufsteigen-
n überwunden werden muſs. Da das kalte Zimmer als leer
m Menschen und die Luft in ihm als ruhig anzunehmen ist,
wird die warme Luft emporsteigen, die Decke nebst den
änden von oben herab erwärmen, allmälig sich den unteren
hichten mittheilen, wonach dann die Wirkung des Abzugs-
nals aus dem Negativen durch 0 ins Positive übergehen muſs.
o wie hierdurch die Geschwindigkeit der Strömung wächst,

O 2

nimmt zugleich die Zeitdauer ab, während welcher die Luft der Heizkammer mit den Wänden des Ofens in Berührung bleil sie wird daher weniger erwärmt werden und an Steigkraft ve lieren müssen, bis beide entgegengesetzte Bedingungen mit ei ander ins Gleichgewicht kommen. Sobald dieser Zustand ei getreten ist, also von dem Augenblicke an, daſs das Zimm bleibend bei einer mittleren Temperatur erhalten werden sol geht durch den Ableitungs-Canal ein gleicher Theil Luft v der niedrigsten Temperatur der im Zimmer vorhandenen wied verloren, als an heiſser zuströmt. Insofern also die Geschwi digkeit der Strömung der Temperaturunterschiede der im Wä mecanale aufsteigenden Luft und der äuſseren direct proporti nal ist, der verlangte Effect der Zimmerheizung aber auf gleic Weise durch eine höhere Temperatur als durch eine gröſse Geschwindigkeit der zugeführten Luft erhalten werden kann, läſst sich der durch Ableitung der noch warmen Luft verursach Mehrbedarf an heiſser Luft dadurch mit in Rechnung bringe daſs man die Geschwindigkeit der Bewegung um so viel gerin ger annimmt, als sie eigentlich seyn wird, und daher auch fü den Luftwechsel $t - t' = t''$ dem Unterschiede der Temperat am Boden der zu heizenden Zimmer und im Wärmecanale gleic setzt. Uebrigens folgt aus dieser Betrachtung, daſs bei nich groſser Kälte mit Rücksicht auf die nicht unbedeutende Luftmen ge, welche durch die zahlreichen Risse in den Wandungen ei nes Zimmers entweichen kann, es rathsam sey, den Abzugs Canal temporär mit einem Schieber zu verschlieſsen, und den beständigen Wärmeverlust der Zimmer durch den offenen Zu- leitungs-Canal zu ersetzen.

Für den praktischen Gebrauch ist es sehr angenehm, di erforderlichen Gröſsen, wenn auch nur in genäherten Werthen im Voraus berechnet zu erhalten. Es wird indeſs von der Wahr heit nicht weit abweichen, und der erforderlichen Constructio ganz angemessen seyn, wenn die Temperatur der Luft am Bo den der Zimmer $t = 15°$ C., im Wärmecanale $t' = 40°$ C. ge setzt wird, woraus sich also $t' - t = t'' = 25°$ C. ergiebt. Au gleiche Weise möge für den ersten Stock die Höhe des Canal die Heizung im Souterrain vorausgesetzt, = 12 F., im zweite = 27 F., im dritten = 40 F. angenommen werden. Mit die sen Gröſsen wird der Divisor in der oben gegebenen Formel (4 für den ersten Stock = 75,467; für den zweiten = 113,2 un

: den dritten = 137,78. Um den Werth von m in eben je-
r Formel zu bestimmen, darf man nur die Quantität von Luft
nnen, welche in 1 Minute um 25° C. in einem gegebenen
nmer abgekühlt wird[1]. Letztere ist oben Nr. 11 für die am
ten, mittelmäſsig und schlecht verwahrten Zimmer = 35;
und 42 Par. Cub. F. in 1 Minute gefunden, ohne jedoch bei
er von diesen Bestimmungen auf den Verlust durch geöffnete
nster und Thüren Rücksicht zu nehmen. Weil indeſs bei den
rliegenden Bestimmungen die Temperatur der Luft im Wär-
ecanale so geringe angenommen ist, daſs sie leicht bedeutend
her gesteigert werden kann, wodurch dann nicht bloſs wär-
re Luft ins Zimmer strömt, sondern auch in weit gröſserer
nge wegen vermehrter Geschwindigkeit der Bewegung, zu
ite Canäle aber zu groſse Mündungen erfordern, wodurch die
mmer leicht entstellt werden, so genügt es als normale Be-
nmung die bisher allezeit angenommene von 35 Cub. F. als
ein Zimmer von 4032 Cub. F. Inhalt völlig genügend beizu-
halten. Um endlich für gröſsere Zimmer genäherte Werthe
n m zu erhalten, dient die Nr. 22 gefundene Formel, wonach
: Wärmeconsumtionen der $\frac{2}{3}$ Potenz des Cubikinhaltes dersel-
n proportional sind. Nach diesen Elementen ist folgende Ta-
lle über erforderliche Weite der Leitungs-Canäle in Par. F.,
ien solchen Quadratfuſs als Einheit angenommen, berechnet,
elche in der ersten Columne den Cubikinhalt der Zimmer in
ar. F., in den drei andern aber die Weite des Wärme-Canals
ler die Fläche des Querschnittes desselben enthält. Dabei

1 Es ist zwar in Nr. 22 bei der Bestimmung der Gröſsen der
orderlichen Oefen auf die Erwärmung der gänzlich abgekühlten
inde Rücksicht genommen, und diesemnach die Quantität der zu
ärmenden Luft sehr groſs gefunden. Wollten wir jene Luftmenge
r beibehalten, so würde dieses zu einem aller Erfahrung wider-
eitenden Resultate führen. Allein der Ofen muſs von solcher Grö-
seyn, daſs er eine zur Erzeugung einer groſsen Quantität erwärm-
Luft hinreichende Menge Holz zugleich aufnehmen kann, welche
n erst in geraumer Zeit verbrennt, der Luftcanal dagegen muſs nur eine
che Weite haben, daſs alle jederzeit verbrauchte warme Luft zuströmen
nne. Ist das Zimmer dann völlig erkaltet, so wird gar keine Wärme ab-
eitet, sondern sie wird sämtlich verschluckt, bis die Wandungen
ärmt sind, und der geforderte Zustand des Gleichgewichts herge-
llt ist, wozu, wie bei der Ofenheizung eine gewisse gröſsere oder
ingere Zeit erfordert wird.

verſteht es sich von ſelbst, daſs nach dem Bedarf eines Raum ein einzelne Canal oder auch mehrere gewählt werden könn deren Summe dann der in der Tabelle enthaltenen Gröſse gle kommen muſs. Wer auſserdem mit Anlagen dieser Art beka ist, der wird finden, daſs die hier berechneten Werthe mit nen sehr genau übereinkommen, welche die Erfahrung als nügend dargethan hat.

Cub. Inhalt d. Zimmer.	Weite der Canäle 1. Stock	2. Stock	3. Stock.
5000	0,535	0,337	0,293
10000	0,850	0,567	0,465
15000	1,114	0,590	0,610
20000	1,348	0,899	0,739
25000	1,565	1,043	0,857
30000	1,767	1,178	0,968
35000	1,959	1,306	1,073
40000	2,141	1,427	1,173
45000	2,316	1,544	1,269
50000	2,485	1,656	1,361
55000	2,648	1,765	1,450
60000	2,806	1,870	1,537
65000	2,960	1,973	1,621
70000	3,109	2,073	1,703
75000	3,256	2,171	1,783
80000	3,399	2,266	1,862
85000	3,539	2,360	1,938
90000	3,676	2,451	2,014
95000	3,812	2,541	2,087
100000	3,944	2,626	2,160
150000	5,168	3,445	2,831
200000	6,261	4,174	3,429
250000	7,265	4,843	3,979
300000	8,204	5,470	4,494

32. Die Richtung der *Wärmecanäle* kann kein Ge stand weitläuftiger Untersuchung werden. Es ist nämlich sich klar, daſs bei der Berechnung der Bewegungsgeschw digkeit der Luft nicht die Länge der Canäle, sondern bloſs lothrechte Höhe in Betrachtung kommen kann. Indem fe jeder Canal auf seiner ganzen Länge eine gewisse Quan Wärme durch Mittheilung an die Wandungen verliert, so schon keiner aus dieser Ursache auf eine solche Weite fo führt werden, daſs dadurch eine bedeutende Verminderung Geschwindigkeit bewirkt würde. Krümmungen der Ca

esondere rechtwinklige, sind möglichst zu vermeiden, weil h letztere die Geschwindigkeit der Luftströmung leicht bis 0,2 vermindert werden kann [1]. Sollen mehrere in einer hontalen Ebene liegende Zimmer aus dem nämlichen Canale eiset werden, so muſs der letztere eine für die erforderli- Luftmenge und die Geschwindigkeit der Bewegung gehörig echnete Weite haben, so viel wie möglich ansteigen und mit emessenen Oeffnungen für jedes Zimmer versehen seyn, deren öſse dem aliquoten Theile der abzugebenden Luft mit Rückht auf die erforderliche Geschwindigkeit proportional zu benmen ist. Genau genommen müſste der Canal selbst nach jeder gabe eines Theiles seiner zugeführten Luft, mit Rücksicht auf etwas verminderte Bewegung, enger werden; allein es ist m möglich hierüber eine scharfe Berechnung anzustellen, da verschiedenen Bedingungen, namentlich der Wärmeverlust Canal's, auf keine Weise bestimmt gegeben sind. Ueberpt aber kann eine Heizung mehrerer Zimmer vermittelst ei- s einzigen horizontalen oder wenig ansteigenden Canales aus oben Nr. 29 angegebenen Gründen nie mit Sicherheit anget werden, wenn gleich mir selbst und andern mehrere gelunne Beispiele dieser Art bekannt sind. Am zweckmäſsigsten d sichersten ist es auf allen Fall, jedem Zimmer durch einen enen, von der Heizkammer ausgehenden, und durch einen hieber verschlieſsbaren Canal die warme Luft zuzuführen, und i der Circulirung die kalte eben dahin zurückzuführen.

33. Der Ort endlich, wo die Wärmecanäle in den Zimrn münden sollen, wird durch verschiedene Bedingungen bemmt. Betrachtet man die Sache zuvor im Allgemeinen, so h Meissner die Mündungen unter der Decke anzubringen, agenmann dagegen verwirft dieses, und verlangt, daſs sie r wenig oder gar nicht über den Fuſsboden erhaben seyn sol-, weil die warme Luft ohnehin eine Neigung habe in die Hözu steigen. Allein eben weil dieses Letztere der Fall ist, so rd sie, auch ohne Fortführung derselben in dem Canale dieum so mehr thun, als sie durch das Aufsteigen in dem letzen diese Richtung ihrer Bewegung schon erhalten hat, und n könnte vielmehr sagen, daſs sie aus einer nicht weit unter Decke befindlichen Oeffnung strömend durch den Stoſs ge-

1 Genauere Bestimmungen hierüber S. im Art. *Pneumatik*.

gen die ihr dargebotene Fläche wieder herabzuſteigen beſtimmt würde. Iſt gleich auf dieſes letztere Argument nicht viel zu bauen, ſo bleibt doch gewiſs, daſs der im Zimmer hinaufgeführte, oder in der einen Wand deſſelben befindliche Canal der letzteren einen Theil ſeiner Wärme abgeben, durch ſeine gröſsere Höhe aber der enthaltenen Luft eine gröſsere Geſchwindigkeit ertheilen wird. Auſserdem lehrt die Erfahrung, daſs ein mit einem Mantel umgebener Ofen dadurch, daſs er die kalte Luft vom Fuſsboden anzieht und oben in die Höhe zu ſteigen veranlaſst, die unteren Luftſchichten zu erwärmen geſchickt gemacht wird. Hierbei erheben ſich gleichfalls die warmen Luftſchichten mehr als bei der gewöhnlichen Ofenheizung, dennoch aber ruhen die kalten Luftſchichten weniger über dem Fuſsboden als bei der letzteren, weil durch das Hin- und Zurückſtrömen der Luft überhaupt eine ſtärkere Miſchung derſelben bewirkt wird, als wenn eine ſolche Urſache der Bewegung fehlt. Weil auſserdem die kalte Luft durch den Abzugs-Canal ſtets abflieſst, ſo müſſen die wärmeren Luftſchichten hiernach von oben allmälig herabſinken. Indem aber alles dieſes auch ſtattfindet, wenn die Mündung des Wärme-Canals nicht hoch iſt, ſo kann die letztere Einrichtung auf allen Fall nicht ſchaden, und das Münden der Canäle in gröſserer Höhe oder ſelbſt unmittelbar unter der Decke nach Meissner nicht als Regel angegeben werden, wenn es gleich keinen auffallenden Nachtheil bringt. Meiſtentheils entſcheidet die Localität über dieſe Frage. In groſsen Fabrikſälen, geräumigen Trockenſtuben, in ausgedehnten Krankenzimmern, und überhaupt da, wo allgemeine gleichmäſsige Verbreitung der warmen Luft, verbunden mit möglichſter Erſparniſs bei der Heizung, mehr zu berückſichtigen iſt als Schönheit und Entfernung jeder Unbequemlichkeit wird man wohl thun, den Heiz-Canal in der Mitte des zu erwärmenden Raumes, oder, wenn mehrere ſolche Canäle erforderlich ſind, in gleichen Abſtänden von der Mitte und den Wänden nicht weit über dem Fuſsboden münden zu laſſen, in welchem Falle dann die vorzugsweiſe zu erwärmenden Gegenſtände auf geeigneten Gerüſten neben oder ſelbſt über dieſe Mündungen gebracht werden können. In Zimmern, welche von einzelnen Perſonen bewohnt werden, macht es in vielen Fällen keinen Uebelſtand, wenn man an einer geeigneten Stelle ſogar im Fuſsboden ſelbſt eine vermittelſt einer Klappe zu ver-

hlieſsende Oeffnung anbringt. In Tanz- und Concertsälen, pernhäusern u. s. w. ist eine solche Einrichtung unmöglich, nd überhaupt müssen allezeit die Mündungen der Heiz-Canäle gröſserer Höhe angebracht werden, wenn man zu fürchten at, daſs zufällig oder absichtlich Sachen in dieselben gelangen önnten, welche sie verstopfen oder gar auf den Ofen herabllen und daselbst mit Verbreitung eines widerlichen Geruches erkohlt werden könnten. Zugleich ist auch dahin zu sehen, laſs die im Zimmer befindlichen Personen durch die zu groſse Wärme der ausströmenden Luft nicht leiden. Nach allen diesen wird es nicht schwer seyn, in jedem Falle über den schicklichen Ort und die geeignete Höhe dieser Mündungen zu entscheiden. Die Oeffnungen der Canäle für die kalte Luft müssen allezeit im Fuſsboden oder in sehr geringer Höhe über ihm, weit entfernt von den Wärmecanälen angebracht werden, und beim Luftwechsel am besten in der Nähe der Fenster, um die dort am stärksten abgekühlte Luft sofort aufzunehmen und wegzuführen. Daſs beide, sowohl die Zufluſs-Canäle für die warme Luft als auch die Abführungs-Canäle der kalten Luft zweckmäſsig mit Schiebern versehen werden, um die Stärke der Strömung erforderlichen Falls zu reguliren, oder dieselbe ganz aufzuheben, liegt so nahe bei der Sache, daſs es kaum einer besondern Erwähnung bedarf. Endlich lassen sich die Mündungen beider noch auf verschiedene Weise, z. B. in den Gesimsen, den Lambrinen u. s. w. maskiren oder auf eine den zu erwärmenden Räumen angemessene Art decoriren, worüber man aber hier keine Vorschläge erwarten wird. Weniger zur Schönheit als zum Nuzzen gehört aber noch eine solche Einrichtung, wenn man die Wärmecanäle mit den erforderlichen Klappen versieht, um ihre Mündung in den Zimmern zu verschlieſsen und zugleich eine andere ins Freie zu öffnen, auf den Fall, daſs in der Heizkammer Rauch entstehen sollte, dessen Eintritt in die Zimmer zu verhüten wäre, wobei diese Vorrichtung zugleich auch dazu dienen könnte, einer Ueberheizung der Zimmer sofort zu begegnen. In diesem Falle dürfen die Canäle für die warme Luft nur bis an einen zur Aufnahme der überflüssigen Wärme und des etwa entstehenden Rauches schicklichen Ort fortgeführt, für gewöhnlich aber mit einer Klappe versehen werden, welche sie abschlieſst, und die Luft nöthigt in die Zimmer zu strömen, worüber es keiner besonderen Vorschriften bedarf. Die Verschlieſsung der in die

Zimmer gehenden Mündungen kann sehr leicht durch eine blechene Rosette bewerkstelligt werden, deren Blätter α, α, α.... die Oeffnungen a, a, a .... entweder bedecken oder offen lassen. Bei dieser Einrichtung muſs jedoch dahin gesehen werden, daſs die Summe der Oeffnungen a, a, a mehr beträgt, als die Querschnittsfläche des Canals, weil die Geschwindigkeit der Luftbewegung durch die Engigkeit dieser einzelnen Räume bedeutend vermindert wird. Fig. 69.

34. Zum Beschluſs endlich lassen sich den bisherigen Untersuchungen über die beiden zuletzt betrachteten Heizmethoden noch folgende Bemerkungen hinzufügen. Meissner räumt der Luftheizung einen entschiedenen Vortheil ein, weil sie eine bedeutende, selbst 30 pC. noch übersteigende Ersparung an Brennmaterial erzeugen soll, und diese Behauptung sucht er durch amtlich attestirte Ergebnisse vergleichbarer Versuche zu beweisen. Die von ihm bekannt gemachten Zeugnisse hierüber sind allerdings von der Art, daſs es eben so sehr gegen die historische Kritik als gegen das Vertrauen, welches öffentliche Behörden verdienen, anstoſsen würde, wenn man sie im mindesten bezweifeln wollte, und dieser Umstand hat sicherlich viel dazu beigetragen, die Aufmerksamkeit auf die so sehr gepriesene Heizmethode allgemein zu erregen. Inzwischen streitet jene Behauptung durchaus gegen die Theorie, indem bei gleich zweckmäſsiger Construction der nämliche Ofen in einer Heizkammer aus einer gleichen Quantität Brennmaterial doch nicht mehr Wärme geben kann als im Zimmer selbst, im ersteren Falle aber von der erzeugten Menge allezeit ein gewisser Theil durch die Heizkammern selbst und die Canäle verloren werden muſs. Aus diesem einleuchtenden Grunde habe ich selbst gleich nach der Bekanntwerdung der Schrift von Meissner[1] nachgewiesen, daſs unbeschadet der Aechtheit der ausgestellten Certificate aus der genaueren Berechnung der angegebenen Gröſsen bei weitem ein so groſser Vortheil durch Holzersparniſs für die Luftheizung nicht hervorgeht, als Meissner gefunden zu haben glaubt, Wagenmann aber entscheidet diese Frage noch bestimmter indem er sagt, die angegebenen Versuche bewiesen bloſs, daſs man es in einer zweckwidrigen Construction der Oefen allerdings sehr weit

1 S. Meine Beurtheilung der 3. Aufl. in Heidelb. Jahrb. d. Lit. 1826. Nr. XII.

ingen könne. Seitdem sind die Versuche ausnehmend vervielfältigt, und daraus ergiebt sich denn mit der Theorie völlig übereinstimmend, daſs die Luftheizung nicht bloſs keine Ersparniſs an Brennmaterial giebt, sondern vielmehr bei gleich zweckmäſsiger Construction beider Heizarten einen Mehrbedarf als die gemeine Ofenheizung erfordert, insbesondere wenn sie für den Luftwechsel eingerichtet ist. Bloſs mit stark ziehenden und nicht hinlänglich genau verschlieſsbaren Windöfen verglichen könnte in dieser Hinsicht ein Vortheil auf die Seite der Luftheizung fallen, und auſserdem ist man bei der Construction der Zimmeröfen durch Rücksichten auf das Aesthetische und die Vermeidung einer zu starken Wärmestrahlung gebunden, so daſs sie nicht allezeit hinsichtlich auf vollständiges Verbrennen des Heizmaterials und Abgeben der hierdurch erzeugten Wärme namentlich bei eisernen Oefen für sehr groſse Zimmer auf gleiche Weise zweckmäſsig seyn kann, als bei der Luftheizung, und in sofern ist also auch der Ausspruch von Wagenmann gerechtfertigt, wenn er sagt: „Ein eiserner Ofen erwärmt das Zimmer gleich„mäſsiger, wenn er in der Heizkammer, als wenn er frei im „Zimmer steht, und deſshalb kann er im ersteren Falle, beson„ders in hohen Zimmern, eine behaglichere Temperatur mit „wirklicher Ersparung an Brennmaterial hervorbringen.“ Wirkliche Ersparung und sonstige überwiegende Vortheile gewährt die Luftheizung für Trockenstuben, weil sie die Dämpfe gänzlich fortführt, eine an sich so leicht begreifliche Sache, daſs sie keiner weiteren Erläuterung bedarf, und es sollte daher billig keine Trockenanstalt (für Schieſspulver ausgenommen) mit einer anderen als der Luftheizung eingerichtet werden. Entschieden vortheilhaft ist sie ferner für Fabrik- und Kranken-Säle u. s. w., wo eine stete Ventilation nothwendiges Bedürfniſs ist, und sie muſs in den beiden genannten Fällen durchaus für den Luftwechsel eingerichtet seyn. Auſserdem giebt sie eine allgemeiner verbreitete milde und angenehme Wärme, kann also auch da angewandt werden, wo es auf einen gröſseren Verbrauch von Brennmaterial nicht so sehr ankommt, und man die Camine von den Gängen zu entfernen wünscht. Ungewöhnlich groſse Säle sind durch gemeine Oefen entweder gar nicht, oder nur unvollkommen zu erwärmen, den Uebelstand abgerechnet, welchen der Anblick colossaler Oefen darbietet, und hier ist daher die Luftheizung abermals geeignet. In Strafanstalten und Irrenhäusern

will man oft eine Menge Zimmer so heizen, daſs die Bewohner keinen Zutritt zu den Feuerstätten haben können. Wählt man hier Luftheizung, so ist vor allen Dingen dahin zu sehen, daſs die Communication der Röhren keine unangenehme Fortführung des Schalles erzeugt, ein Umstand, welchem vollständig begegnet werden muſs, wenn diese Heizmethode daselbst überall zulässig seyn soll; wie dieselbe aber in jedem einzelnen Falle einzurichten sey, darüber sind die Regeln im Vorhergehenden vollständig enthalten.

35. Auſser den drei genau beschriebenen Arten der Heizung hat man noch die Dampfheizung und die Caminheizung. Von der ersteren ist indeſs an einem anderen Orte[1] gehandelt, und was dort nicht vorkommen konnte, nämlich die Bestimmung der zur Erwärmung eines Zimmers von gegebener Gröſse erforderlichen Menge von Wasserdampf, kann oben aus Nr. 11 entnommen werden. Vergleicht man dieselbe mit der Ofen- und Luft-Heizung, so ist vor allen Dingen zu berücksichtigen, daſs sie ein sehr groſses Anlage-Capital an Heizkessel und Röhren erfordert, und mit der Luftheizung den Nachtheil gemein hat, daſs alle Zimmer nicht geheizt werden können, wenn ein Theil der Vorrichtung der Ausbesserung bedarf. Dagegen gewährt sie den Vortheil, daſs die Anlage eine vortheilhafte Benutzung des Brennmaterials gestattet, die Heizröhren durch mehrere, auch horizontal liegende Zimmer fortgeführt werden können, indem selbst das aus dem Dampfe niedergeschlagene Wasser und der Dampf unter der Siedehitze noch eine bedeutende Menge Wärme abgeben, daſs die Dampfröhren eine absolute Sicherheit gegen Entzündung gewähren, die Bereitung des Dampfes oder der Heiz-Apparat für die Bewohner des Hauses unzugänglich gemacht werden kann, ohne die unangenehme Mittheilung des Schalles, welche die communicirenden Luft-Canäle so leicht erzeugen, zur Folge zu haben, und daſs endlich leicht Vorrichtungen angebracht werden können, um in den verschiedenen Stockwerken zum ökonomischen Gebrauche stets warmes Wasser vorräthig zu haben. Auf dem Continente hat man indeſs mit dieser Heizart noch nicht Versuche genug angestellt, um auf deren Ergebnisse ein genügendes Urtheil zu gründen, und namentlich die Frage zu entscheiden, ob der Dampf mit Si-

1 S. *Dampf* Th. II. S. 406.

erheit bis zum zweiten oder dritten Stockwerke hinaufgeleitet erden kann, und diese Frage läſst selbst das ausführliche Werk n Tredgold[1] ohne genügende Beantwortung. In Treibhäu-n aber, wo die Luftheizung wegen zu groſser Austrocknung r Pflanzen unzulässig ist, kann die Dampfheizung mit Nutzen gebracht werden, vielleicht sogar ohne Röhrenleitungen durch oſsen Eintritt des heiſsen Dampfes. Die Caminheizung end-ch übergehe ich ganz; sie ist mehr ein Gegenstand des Luxus s der zweckmäſsigen Zimmerheizung, und giebt zu wenig Värme bei groſsem Verbrauche von Brennmaterial, als daſs sie ierzu mit Nutzen und Sicherheit angewandt werden könnte. redgold[2] nimmt an, daſs die Caminheizung dreimal so viel rennmaterial koste als jede andere Heizung, und ich glaube, aſs dieses Verhältniſs auch bei vortheilhafter Construction der amine noch eher zu geringe als zu groſs ist.

M.

Heliometer.

Heliometrum; Héliomètre; *Heliometer.* Eigent-ich ein Instrument zur Messung der Sonne, nämlich zur Ab-messung ihres scheinbaren Durchmessers; eben deshalb aber ein nstrument, welches zur Messung und zwar zur sehr genauen Messung kleiner Winkel überhaupt geeignet ist.

Bouguer ist zwar nicht der erste, welcher ein Instrument, lem jetzt noch gebräuchlichen ähnlich, vorgeschlagen hat; aber r scheint es zuerst angewandt zu haben, und hat es erfunden, hne zu wissen, daſs ein Vorschlag ähnlicher Art schon früher emacht war. Er bemerkt, daſs die bis dahin üblichen Mikro-eter für gröſsere Gegenstände, wie die Sonne zum Beispiel ist, eine Genauigkeit geben können, weil es unmöglich ist, beide weit von einander entfernte Ränder zugleich mit vollkomme-er Deutlichkeit zu sehen. Die Beobachtung des Durchmessers, elcher senkrecht auf den Aequator ist, lasse sich zwar so er-alten, daſs man den Himmelskörper zwischen zwei parallelen

---

1 Principles of Warming and Ventilating cet. Lond. 1824. 8. Tredgold's Grundsätze der Dampfheizung u. s. w. von O. B. Kühn. it Anmerk. des Ueb. Leipz. 1826. 8.

2 Edinb. Phil. Journ. XXIV. 263.

Fäden, denen man gerade die gehörige Distanz gegeben hin gehen lasse, und der dem Aequator parallele Durchm lasse sich durch den Antritt an Fäden, welche senkrecht g die tägliche Bewegung sind, vermittelst der Zeit bestim aber beides gebe nicht die Genauigkeit, die man hier zu e chen wünschen müsse. Das von ihm vorgeschlagne Heli ter oder Astrometer beruhet auf folgender Betrachtung. W
Fig. 70. AB das Objectivglas eines Fernrohres ist, so giebt der Ge stand, welcher unter dem Sehewinkel PCQ erscheint, Brennpuncte ein Bild pq. Brächte man nun ein zweites jectiv BD so an, daſs die Axe desselben der Axe des vo parallel wäre, so erhielte man das Bild desselben Gegensta noch einmal, und aus der bekannten Stellung der Gläser l sich die Lage beider Brennpuncte, also der Abstand qq′ der den, einem gleichen Puncte angehörenden Bilder berech mithin auch der Sehewinkel bestimmen, unter welchem qq′ d das Augenglas erscheint. Ist also eine Schraube an dem nen Objective so angebracht, daſs sie nicht bloſs die S lung desselben zu ändern, sondern auch den Abstand der l telpuncte beider Objective zu messen dient, so kann ma dieser Schraube auch den Abstand der beiden Brennpuncte einander ablesen, und dadurch den Winkel jedesmal ken unter welchem der Abstand correspondirender Puncte be Bilder dem Auge erscheint, welches durch das Ocular si und wenn man nun der Schraube die Stellung giebt, daſs einen Bildes höchster Punct q′ mit dem tiefsten Puncte p des dern zusammenfällt, daſs sich die gesehenen Bilder berühr so ist diese Entfernung der Brennpuncte, oder vielmehr der entsprechende scheinbare Abstand der beiden Brennpuncte einander gleich dem scheinbaren Durchmesser des Gegenstan

Bouguer bediente sich zweier gleicher Objective von Fuſs Brennweite. Um die Bilder einander näher rücken zu k nen, schlägt er vor, Objectivgläser von kleiner Oeffnung, vorzüglich für die Beobachtung der Sonne recht gut hinreich anzuwenden[1].

Servington Savery hatte schon früher (1743) der Li doner Societät einen ganz ähnlichen Vorschlag vorgelegt, aber nicht beachtet zu seyn scheint und erst 1753 bekannt

1 Mém. de l'acad. de Paris pour 1748. p. 25.

acht wurde[1]. Dieser schlug vor, Stücke von zwei ganz glei-hen Objectivgläsern oder Hohlspiegeln auf die oben erwähnte rt zu gebrauchen.

Dollond machte den Vorschlag[2], zur Abmessung solcher Vinkel ein Objectivglas in zwei Hälften zu theilen und diese ann in zwei Schiebern befestigt, so von einander zu entfernen, rie es die Messung fordre. Er bemerkt dabei, daſs die Bilder lann eben so gut, nur minder lichtvoll erscheinen, und daſs man lie Hälften also rechtwohl gebrauchen könne. Man müsse von der Stellung, wo sie vereinigt nur ein Objectiv bilden, ausge-hen, dann den genauen Abstand der beiden Mittelpuncte, wie r bei der Abmessung statt finde, bestimmen, und daraus in Verbindung mit der Brennweite den Winkel, den man durch lie Beobachtung bestimmen wolle, berechnen.

Dieser Gebrauch der beiden Hälften desselben Objectivs hat den Vorzug, daſs man gewiſs bei beiden eine gleiche Brenn-weite hat, und daſs die Mittelpuncte der Gläser einander sehr nahe, ja bis zum Zusammenfallen nahe gebracht werden können.

Die Einrichtung des Instruments ist in neuerer Zeit vor-züglich durch Fraunhofer ungemein vervollkommnet wor-den, indem nicht nur an den von ihm oder jetzt wenigstens nach seiner Anordnung verfertigten Instrumenten die Mikrome-terschraube den höchsten Grad von Genauigkeit hat, sondern auch eine Stellung des Objectivs in jede Richtung möglich ist, vorzüglich aber durch multiplicirte Messung gröſsere Genauig-keit erreicht wird, und in Hinsicht der Stellung des Oculars u. s. w. alle Berichtigungen statt finden, deren man irgend bedarf.

Fraunhofer's Heliometer.

Um die Uebersicht dessen, worauf es hier hauptsächlich ankömmt, zu erleichtern, bleibe ich zuerst bei dem Fernrohre stehen. Die Figur zeigt bei AB und bei CD die beiden mes- Fig. 71.
singnen Fassungen oder Schieber, in welchen die beiden Ob-jectivhälften befestigt sind. Jede derselben kann durch eine Schraube, deren Köpfe man bei A und C sieht, höher oder nie-driger gestellt werden, und indem dadurch die an diesen Fas-

1 Phil. Trans. Vol. XLVIII. Part. I. for the Y. 1753. p. 167.
2 Phil. Tr. Vol. XLVIII. P. I. for 1753. p. 178.

ſungen befindlichen Theilungsſtriche an dem feſtſtehenden dex vorbei rücken, iſt man im Stande die gegenſeitige Stell der Mittelpuncte beider Objectivhälften abzuleſen. Stehen b Theilungen, die nämlich den beiden verſchiedenen Hälften gehören und die durch die beiden Schrauben, deren Köpfe bei A und C ſieht, regiert werden, auf einer gleichen Tl lungszahl, ſo fallen die Mittelpuncte beider Objectivhälften ſammen und die beiden Bilder decken einander; ſtehen ſie n auf gleichen Theilungszahlen, ſo giebt die Differenz zunä an, um wie viele Mikrometertheile ſie von einander entf ſind, woraus dann, wie nachher gezeigt werden ſoll, ſcheinbare Gröſse des Abſtandes berechnet wird.

Die Schrauben, welche ſich mit ihrem Ende auf den ſten Theil, woran der Index ſich befindet, aufſtützen, ſind der allergröſsten Sorgfalt geſchnitten, ſo daſs nicht bloſs Schraubengänge unter ſich ganz gleich ſind, ſondern ſelbſt des Hundertſtel einer Umdrehung noch ein gleiches Fortſchie bewirkt. Man lieſt daher nicht bloſs an der Scale, welche Figur zeigt, die Anzahl der ganzen Schraubendrehungen ſondern an dem Kopfe A der einen Schraube iſt der Umfan 100 Theile getheilt und ein Zeiger giebt an, wie viele Hund ſtel einer Drehung noch auſser den ganzen Umgängen ſtatt funden haben. Der andre Schieber hat eine ſolche mikrome ſche Theilung nicht. Beide Schrauben gehen in Hohlſchrau (Schraubenmüttern), die in den Schieber beider Objectivhäl eingeſchnitten ſind. Daſs dieſe Schraubengänge auf das naueſte in einander paſſen müſſen, damit eben ſo wenig Klemmen als ein todter Gang ſtattfinden könne, verſteht ſ von ſelbſt; der todte Gang wird dadurch gehindert, daſs nicht einige wenige Schraubengänge ſind, in deren Höhlun die Schraube geht, ſondern eine hinreichende Anzahl, um ſicheren Gang zu beſtimmen. Da die Schraube ſich unten a ſtützt, ſo erhellet, daſs das Heben der beweglichen Faſſung gleich anfängt, wenn die Drehung der Schraube es zu bewir ſtrebt; damit aber auch beim entgegengeſetzten Drehen ſogle das Herabſchieben anfange, hat die Schraube auch noch o einen ſich anſtemmenden Ring, ſo daſs ſie ſich weder hel noch ſenken kann, und deshalb die bewegliche Hohlſchrau ſogleich hinab oder hinauf drängt, ſobald man zu drehen a fängt. Die Drehung dieſer Mikrometerſchraube wird durch

iten Räder E und F bewirkt, und diese setzt der Beobach-
ndem er die Scheibe G, H, dreht, auf eine bequeme
in Bewegung.
ie beiden Objectivhälften sind beide beweglich und dar-
uht die Möglichkeit multiplicirend zu messen. Befinden
im Anfange der Beobachtung beide Theilungen auf einem
n Puncte der Scale, so sieht der Beobachter im Fernrohre
genstand, einen Planeten zum Beispiel, nur einfach; er
t jetzt die eine Objectivhälfte fort, und sieht nun zwei
ch zum Theil deckende, beim Fortschrauben immer
aus einander rückende Bilder, die er so weit aus einan-
ngt, daſs sie sich nur grade noch berühren. Lieset er
der Scale AB und der Schraube A ab, so findet er
75 Umgänge der Schraube, und dieses wäre der einma-
rchmesser in Mikrometertheilen. Um den mehrmaligen
esser zu erhalten, läſst der Beobachter jetzt diese erste
e unberührt, dreht aber dagegen die andre Schraube und
s eine Bild dadurch über das andre weg, bis wieder
inander berühren; dann läſst man die zweite Schraube in
ellung, dreht die erste wieder nach eben der Richtung
hin, fort, läſst so die Bilder nochmals zur Berührung
, und lieset abermals ab; man wird die Schraube um
ngänge fortgerückt finden, also den dreifachen Durch-
= 2,25 Mikrometertheilen angeben. Wird nun wieder
ite Schraube bis zur Berührung der Bilder an der an-
ite, dann wieder die erste bis zur neuen Berührung
eht, so hat man abermals den doppelten Durchmesser
mmung des Fortrückens der Schraube, und die abgele-
l müſste nun den fünffachen Durchmesser = 3,75 an-
nd so ferner. Daſs es sich so verhält, ist leicht zu über-
denn als die Schrauben gleich standen, deckte das Bild
ild B; beim Fortrücken der ersten Schraube nahm das Fig.
d die Stellung A ein, und B blieb ungeändert, der Ab- 72.
b ist gleich einem Durchmesser; beim Drehen der zwei-
raube rückte B nach B′, beim abermaligen Fortrücken
en Schraube kam A nach A′, und a c gab den dreimali-
chmesser an, und so ferner. Daſs diese multiplicirenden
gen den Vortheil gewähren, die zufälligen Fehler jeder
n Messung auszugleichen; ferner, daſs man nicht nö-
, nach jeder Messung einzeln abzulesen, daſs dieses aber

nützlich ist, um den Fehler, welchem jede einzelne Messung unterworfen ist, kennen zu lernen u. s. w., ist wohl bekannt genug.

Ich habe bisher nur den Haupttheil dieses multiplicirenden Heliometers erklärt, und seinen Gebrauch gezeigt; jetzt komme ich zu der Drehung des Objectivs. Wenn man bloſs die Durchmesser genau kreisförmiger Gegenstände messen will, so wäre es einerlei, ob sich die beiden Objectivhälften in einer auf den Aequator senkrechten oder schief dagegen geneigten Stellung fort bewegten; aber gesetzt man wollte den Abstand zweier Fixsterne von einander, oder den Axendurchmesser eines merklich sphäroidischen Planeten u. s. w. messen, so müſste man die Objectivhälften in die Stellung bringen, daſs das Bild des einen Sternes gerade auf den andern zu ginge, wenn man die Schrauben dreht, oder daſs die Berührung der beiden Planetenbilder genau am Pole des Planeten statt fände, und deshalb ist das Objectiv mit den gesammten bisher beschriebnen Theilen um die Axe Fig. 71. des Fernrohrs beweglich. Der ganze Apparat ABCD wird durch eine fest andrückende Sperrung fest gehalten, hebt man aber diese aus, so kann man mit der Hand die Drehung um die Axe des Fernrohrs zu Stande bringen, und indem man den sperrenden Hebel wieder eingreifen läſst, auch ein leises Fortrücken mit Hülfe einer Schraube bewirken. Damit aber dann zugleich die zur Drehung dienenden Stangen G, H die richtige Stellung behalten, löst man zugleich die Schraube, die den Ring IK festhält, und giebt ihnen durch Drehung dieses Ringes die mit der Axe des Fernrohrs parallele Lage. Bei der hier in der Figur dargestellten Anordnung hat die Drehung des Objectivs noch die Unbequemlichkeit, daſs der Beobachter jedesmal das Beobachten unterbrechen und zum Objectiv hingehen, oder einen Gehülfen haben muſs, um dieses in den richtigen Stellungswinkel zu bringen, und weil dieser sich nicht sogleich, oft erst nach wiederholten Berichtigungen genau erhalten läſst, so wird dadurch die Beobachtung bedeutend gestört; es ist daher bei den neueren in der Utzschneider'schen Officin verfertigten Heliometern auch zur Drehung des Objectivs, zum Fortschrauben der Schraube, welche die feinere Drehung bewirkt, eine solche Einrichtung gemacht, daſs der Beobachter, ohne sein Auge vom Oculare zu entfernen, den richtigen Stellungswinkel des Objectivs erhalten kann. Hat das Objectiv diese erreicht, so liest man auf der an der Fassung des

s angebrachten Theilung die Grade und Minuten des swinkels ab; der Nonius giebt diese bis auf 6 Minuten 3 Minuten lassen sich noch durch Schätzung angeben. dieses Kreises liegt so, daſs bei richtiger parallakti- ſstellung des Instruments der Positionswinkel = 0 an- aſs beide Gegenstände in demselben Declinationskreise Diese bis jetzt beschriebenen Stücke sind zwar die zur wesentlichsten des Instruments; aber um die hier beab- Genauigkeit zu erhalten, muſs auch das Ocular nach verschiedene Stellungen einnehmen. Indem man näm- st eine der Objectivhälften und sodann auch die andere Stellung, wo beide die Mitte des Rohres einnehmen, rückt man ihren Brennpunct von der Axe des Rohres d des Oculars Brennpunct fällt nun nicht mehr mit den die man deutlich zu sehen verlangt, zusammen. Es er auch das Ocular fortgerückt werden, und um die ver- e Fassung desselben, den Ocularschieber, fortzubewe- it die Schraube, die man bei L sieht, die nämlich dazu ist, das Ocular eben so weit vom Mittelpuncte zu entfer- las zu beobachtende Bild davon entfernt ist. Und damit tfernung nach der richtigen Seite hin statt finde, kann Ocular mit seiner ganzen Fassung um die Axe des Rohrs werden, wobei eine Gradtheilung den Stellungswinkel wie beim Objective angiebt.

ı Anfange der Beobachtung muſs man also nachsehen, hem Theilungspuncte die Hälften des Objectivs stehen, welchen Stellungswinkel das Objectiv gestellt ist; auf n Stellungswinkel bringt man den Index des Oculars nfache Drehung mit der Hand, und schraubt nun die L so fort, bis die Theilungsscale die Lage des Oculars ngiebt, wie man die der einen Objectivhälfte gefunden lan stellt nun die Beobachtung an, und schraubt des- zweite Objectivhälfte fort, soweit es nöthig ist. Um au dem Zwecke gemäſs zu verfahren, muſs man, nach- die erforderliche Stellung beider Objectivhälften nahe efunden ist, das Ocular auf die Stellung, welche der ischen den Stellungen beider Objectivhälften entspricht, und dann erst, indem man den zu beobachtenden zu- reffenden Punct beider Bilder in die Mitte des Feldes nit völliger Genauigkeit das Zusammenfallen der Puncte,

deren Distanz bestimmt werden soll, sorgfältig beobachten. Will man die Beobachtung repetirend anstellen, so hat man nicht nöthig, die Gröſse des gemessenen Winkels schon jetzt an der Scale des Objectivs abzulesen, sondern man schraubt zuvor die erste Hälfte des Objectivs fort, bis, wie vorhin gezeigt wurde, das eine Bild durch das andre hindurch gerückt ist. Alsdann liest man oben die veränderte Stellung der ersten Objectivhälfte ab, welches jedoch nur in ganzen Theilen der Scale, ohne Rücksicht auf die Hunderttel, welche die Randtheilung der Schraube angiebt, zu geschehen braucht; dieser veränderten Stellung gemäſs rückt man das Ocular mit der Schraube L bis zu eben dem gehörigen Theile der Scale fort. Man wiederholt dann die ganze Beobachtung, indem man die Objectivhälften nach eben der Richtung, wie vorhin, weiter fortschraubt; bringt nach einmaliger Messung abermals das Ocular auf den richtigen Stand, und fährt so fort, so oft man die Wiederholung für nöthig hält, oder die Grenze der Scale es erlaubt. — Ist die zu messende Gröſse sehr klein, so hat man nicht gerade bei jeder Abstandsmessung nöthig, das Ocular auf die genaue veränderte Stellung zu bringen, sondern kann die Messung wiederholen, indem eine wenig vom Focus des Oculars abweichende Stellung des Bildes keinen Nachtheil bringt, und deshalb auch die Scale des Oculars nur die ganzen Theile der das Objectiv regierenden Mikrometerschraube, nicht die Hunderttel derselben, angiebt.

Was die Aufstellung des Instruments betrifft, so ist diese so eingerichtet, daſs man mit parallaktischer Bewegung den einmal im Felde aufgefundenen Stern verfolgen, oder selbst mit Hülfe der angebrachten Rectascensions- und Declinationskreise, jeden seiner Lage nach bekannten Stern in die Mitte des Feldes bringen kann.

Damit man die gehörige Stellung erhalten könne, läſst sich das ganze Instrument um eine in der Säule S T herabgehende Axe drehen. Diese Säule wird vertical gestellt, und da sie senkrecht gegen beide in U, V, angebrachte Wasserwaagen ist, so erreicht man die verticale Stellung dadurch, daſs man die Schrauben W, X, Y, auf ihren festen Unterlagen ein wenig dreht, und dadurch ein Heben oder Senken so lange, bis die Niveau's richtig stehen, bewirkt.

Gegen diese nun vertical stehende Axe hat die Axe MN die feste Lage, welche die Polhöhe des Ortes fordert. Die Figur

;t eigentlich nur eine der Stangen MN, deren zwei die Ge-
gewichte bei d tragen, und zwischen denen die eben er-
ınte Axe liegt. Diese Gegengewichte sind bestimmt, dem
zen, jenseits des Stützpunctes liegenden Theile des Instru-
nts das Gleichgewicht zu halten; sie lassen sich verschieben
l dann feststellen, wenn die Aequilibrirung stattfindet. Wenn
n diese Axe MN der Welt-Axe parallel stellen will, so
uſs man, durch Drehung des ganzen Instruments um die
ertical-Axe ST, jene in den Meridian und das Ende M nach
orden bringen. Wenn diese Stellung einmal berichtigt ist, so
ıd man wohl am liebsten die verticale Axe vermittelst der
zu bestimmten Schrauben feststellen; wäre es jedoch nöthig,
s Instrument in andern Stellungen zu gebrauchen, so kann
ch dieses stattfinden, nur würde man Sorge tragen müssen,
ne Stellung leicht und genau wieder erhalten zu können.

Wenn MN der Welt-Axe parallel festgestellt ist, so läſst
ich das Fernrohr um zwei Axen in Rectascension und Declina-
on fortbewegen. Das Fernrohr wird nämlich erstlich mit dem
anzen daran befestigten Apparate um die Axe MN gedreht, und
er Kreis, dessen Rand man rechts von M sieht, giebt die
tunden und Grade an, um wieviel das Fernrohr in gerader
lufsteigung vom Meridiane entfernt ist. Die Drehung des Fern-
rohrs um diese Axe geschieht theils, indem man die in die Rand-
zähne eingreifende Schraube ohne Ende aushebt, mit freier Hand,
theils indem man sie wieder eingreifen läſst, durch die bei R
gefaſste Lenkstange, mit welcher man die Schraube ohne Ende
fortdreht. So wie das Fernrohr in der Figur dargestellt ist, hat
es die Richtung nach dem Nordpole und würde diese behalten,
wenn man es auch den ganzen Kreis bei M durchlaufen lieſse.
Damit es aber auch jede andre Stellung in Declination erhalten
könne, dient zweitens die Axe, welche den Mittelpunct des
Kreises O senkrecht trifft. Diese Axe bleibt bei jeder Drehung
um die erste Axe stets in der Ebene des Aequators; erhält aber
das Fernrohr, um sie gedreht, verschiedene Stellungen, so zeigt
der Index auf dem Kreise O die Declination des Parallelkreises
an, nach welchem nun das Fernrohr gerichtet ist. Die Drehung
wird, ähnlich der vorigen, durch die Lenkstange P bewirkt.
Beide Kreise bei O und M geben die Stellung mit Hülfe des No-
nius bis auf 20 Sec. im Bogen an. Um einen Stern in der Mitte
des Fernrohrs zu haben, stellt man vermöge der Drehung des-

selben den Index des Declinationskreises auf die richtige Zahl, berechnet dann für den Augenblick der Beobachtung die Rectascension der Mitte des Himmels und giebt dem Index des Rectascensionskreises die Stellung, welche der Entfernung des Sternes vom Meridian zu jener Zeit gemäſs ist.

Der die Declination angebende Kreis ist mit dem Fernrohre fest geschraubt; seine stählerne Axe geht in einer cylindrischen Fassung bis zu der Stelle, wo man in der Figur die zwei Ringe mit den vielen Löchern sieht. Diese Löcher sind dazu da, um den Schraubenschlüssel einzusetzen, und die Stellung in Declination fester zu stellen, wenn sie etwa locker werden sollte. Eine ähnliche Vorrichtung ist an der Axe der Rectascensionsstellung. Hinter dem Ende jener Axe befindet sich zwischen b und c ein groſses Gegengewicht an die Declinations-Axe angeschraubt, welches sich bei der Drehung in Declination mit drehet, und wohl nicht bloſs bestimmt ist, das Gleichgewicht mit zu bewirken, sondern auch eine gleichförmigere Reibung bei dieser Drehung zu bewirken. Mit der Fassung der Declinations-Axe parallel gehen zwei längere Stangen, deren eine man mit dem an ihrem Ende angebrachten Gegengewichte a in der Figur deutlich sieht, die andre liegt hinter dieser; die von ihnen getragenen Gegengewichte sind vorzüglich bestimmt, das Fernrohr im Gleichgewichte zu halten, und können, damit dieses erreicht werde, in den richtigen Stellungen festgeschraubt werden. Die kleinern Gegengewichte b, c, stehen seitwärts, so daſs die Linie bc senkrecht gegen die durch die Axe und die beiden groſsen Gewichte gelegte Ebene ist; sie dienen, das Gleichgewicht in allen verschiedenen Lagen des Fernrohrs zu berichtigen.

Ist das Instrument fest und parallaktisch aufgestellt, so bedarf es eines Drehdachs, dessen Spalte dahin gebracht wird, wohin man das Fernrohr richten will.

Die Figur zeigt hinreichend, daſs nach den gegebenen Erläuterungen das Fernrohr jede Stellung in Rücksicht auf die Stundenwinkel und in Rücksicht auf die Declination erhalten kann, indeſs giebt es einige Puncte, die nicht wohl beobachtet werden können, weil das Fernrohr nicht bei jeder Declinationsstellung, ohne anzustoſsen, den ganzen Rectascensionskreis durchlaufen kann. Auch die Beobachtungen um das Zenith lassen sich nur unbequem anstellen, da das Ocular sich dann tief

en das Fuſsgeſtell herabſenkt. Daſs das Fernrohr, indem es Kreis M durchläuft, nicht über der verticalen Säule bleibt, dern ſich bald an der einen, bald an der andern Seite derſel- befindet, hat bei der guten Aequilibrirung keinen Nach- l; nur bei ſehr nahen Gegenſtänden müſste man an eine Re- tion auf das Centrum denken.

Gebrauch des Inſtruments.

Obgleich ſchon die Beſchreibung des Inſtruments auch über n Gebrauch deſſelben Manches lehrt, ſo muſs ich doch hier- er und über die Berichtigung des Inſtruments ſelbſt noch et- s Genaueres ſagen.

Ich habe bei der Beſchreibung angenommen, daſs die bei- n Hälften des Objectivs mit aller Genauigkeit ſo ſtehen, daſs re Brennpuncte zuſammen fallen, ſobald man beide auf glei- e Theilſtriche der Scalen ſtellt; aber dieſes iſt nicht immer r Fall, ſondern ſehr oft ſieht man, indem man durch Fort- hrauben der einen Objectivhälfte das eine Bild durch das an- re hindurch zu führen ſucht, daſs die Bilder neben einander orbei gehn, ohne ſich ganz zu decken. Dieſe Unrichtigkeit n der Stellung beider Objectivhälften iſt deſto nachtheiliger, je leiner die Winkel ſind, die man abzumeſſen gedenkt; denn wenn man z. B. den Sonnendurchmeſſer abmeſſen will, ſo wird die Berührung der Bilder noch ſehr genau richtig zu beobachten ſeyn, wenn auch die Brennpuncte beider Objectivhälften um mehrere Secunden von einander entfernt ſind; aber für die nur 10 oder 15 Sec. betragende Diſtanz zweier Sterne iſt jener Ab- ſtand ſchon eine Gröſse, die die Abſtands-Meſſung und den Stellungswinkel in hohem Grade unrichtig machen würde. Ob dieſes Zuſammentreffen der Brennpuncte ſtattfindet, unterſucht man am beſten, indem man Fixſterne bei Tage oder ſehr feine Lichtpuncte oder dunkle Puncte im Monde beobachtet; bei Nacht haben die Fixſterne ſchon zu viel Glanz um ſich, und geſtatten daher nicht, zu bemerken, ob die Bilder ſtrenge in einen Punct zuſammenfallen. Zur Correction dieſes Fehlers ſind Schrauben an der Faſſung des Objectivs angebracht, durch welche man die Lage der einen Objectivhälfte ſo muſs zu verändern ſuchen, daſs beide Hälften nur einen einzigen Brennpunct haben, und dieſe Berichtigung kann nur dann für alle Puncte der Scale oder für

jede Stellung der Mikrometerschrauben stattfinden, wenn beide Hälſten sich genau parallel und so bewegen, daſs ihre beiden Brennpuncte immer in einer Parallele zu dieser Richtungslinie liegen.

Auch auf einen zweiten Fehler, welchen das Instrument haben kann, muſs man achtsam seyn. Obgleich an den Fraunhofer'schen Instrumenten die Sorgfalt, womit die Schrauben geschnitten sind, und die vielen in einander eingreifenden Gänge der Schraube in die Hohlschraube keinen todten Gang zulassen, so kann es doch seyn, daſs beim Anfange einer entgegengesetzten Drehung der Schraube diese nicht im ersten Augenblicke schon anspricht. Eigentlich sollen die beiden Stemmungen, an welche die Schraube sich oben und unten andrängt, so genau die gehörige Entfernung von einander haben, daſs die Schraube auch nicht um das Mindeste gedreht werden kann, ohne die in Bewegung zu setzende Objectivhälſte zu verrücken; aber da es hier auf Hunderttel eines Schraubenganges ankommt, so ist es nicht zu erwarten, daſs die beim Umdrehen nach *einer* Richtung gegen die untere Stemmung gedrängte Schraube sich sogleich, ohne diese um das Geringste zu verlassen, an die obere Stemmung andrängen werde, wenn man die Schraube um etwas weniges nach der entgegengesetzten Richtung dreht. Bemerkt man also, daſs bei diesem Wechsel ein auch noch so kleiner Zwischenraum ist, (und man bemerkt dieses sehr deutlich an dem nicht sogleich eintretenden Fortrücken des einen Bildes relativ gegen das andre,) so muſs man es sich zum Gesetze machen, nie durch ein Fortdrehen nach abwechselnd verschiedenen Richtungen die Bilder in die gehörige Stellung der Deckung oder Berührung zu bringen, sondern allemal bei einer ganzen Reihe von Beobachtungen die Schraube nur nach *einer* Richtung zu drehen, und dieses, wenn die richtige Stellung nahe erreicht ist, so vorsichtig zu thun, daſs man nie über die richtige Stellung hinaus kommen und einer rückgängigen Bewegung bedürfe.

Um die übrigen kleinen Unrichtigkeiten des Instruments genau kennen zu lernen, hat Hansen[1] statt eines bloſsen Fadenkreuzes vier Faden in einen Ocular-Einsatz eingespannt, zwei davon sind in der Richtung des Schiebers, zwei in einer dar-

[1] Ausführliche Methode mit dem Fraunhofer'schen Heliometer Beobachtungen anzustellen, von P. A. Hansen. Gotha 1827. S. 12.

senkrechten Richtung, 20 Sec. von einander entfernt, ange- :ht; durch sie wird in der Mitte des Gesichtsfeldes ein Fa- -Quadrat gebildet, dessen man sich bedienen kann, um r manche, vielleicht stattſindende Fehler Gewiſsheit zu er- en.

Um zu bestimmen, ob der Brennpunct der einen Objectiv- te dann, wenn er in der Mitte der Verschiebung durch eine metral entgegengesetzte Stellung sich nicht nach der Richtung : Verschiebung verrückt, sich auch nicht senkrecht gegen die- be verrücke, das ist, ob er mit dem Centrum der Drehung ; Objectivs zusammenfalle, giebt man Achtung, ob und wie- l der so gesehene Punct seine Stellung im Faden-Quadrate senk- ht auf die Richtung der Schieber ändert, wenn man das Ob- iv um 180 Grade dreht. Hätte sich bei dieser Drehung auch :h eine Veränderung mit der Richtung der Schieber parallel zeigt, so hätte man noch nicht die Stellung, wo der Brenn- nct dieser Objectivhälfte der Axe am nächsten ist; wäre bei r um 180° fortgerückten Stellung des Objectivs der Gegen- ind nicht zwischen den mit dem Schieber des Oculars genau rallelen Fäden geblieben, so stände die Verschiebung des :ulars noch nicht parallel mit der des Objectivs, und jene ilſte erst berichtigt werden. Die Gröſse dieses kleinsten Ab- andes, der sich, wie Hansen bemerkt, nach der Einrichtung es Instruments nicht corrigiren läſst, kann hierdurch auch mes- end bestimmt werden.

Die Frage, ob die Objectivschieber sich geradlinig bewe- en, läſst sich mit der Bestimmung, ob das Null des Stellungswin- els am Objective richtig sey, oder welche Collimation dabei ı berücksichtigen sey, zugleich finden. Nach der Bestimmung es Instruments soll das Null des Positionskreises da stehen, wo ie Richtung der Schieber genau der Drehung des Fernrohrs um ie Declinations-Axe entspricht. Hat man also die beiden Hälf- en des Objectivs bedeutend von einander entfernt, so stelle ıan das Objectiv auf den Stellungswinkel Null, und bringe das ine Bild eines beobachteten Punctes in die Mitte des Faden-Qua- rates; man drehe dann das Fernrohr um die Declinations-Axe ınd sehe, ob auch das andre Bild desselben Punctes genau in die Mitte des Faden-Quadrates zu bringen ist; wäre dieses nicht der Fall, so müſste man das Objectiv ein wenig drehen, bis jene Bedingung, durch alleinige Drehung des Fernrohrs um die De-

clinations-Axe beide Bilder durch denselben Punct des Fade
Quadrats zu führen, erfüllt ist, und die Entfernung von Nu
die alsdann der Positionskreis zeigt, wäre der Collimationswi
kel. Bewegten sich aber die Schieber nicht geradlinig, so würd
bei ungleichen Abständen der zwei Bilder von einander, u
bei ungleichen Stellungen der Schieber an ihren Scalen, kei
gleich groſsen Collimationen gefunden.

Hansen giebt noch eine Methode an, wie man, auch we
die Schieber sich nicht parallel bewegen, doch die mit diese
etwas fehlerhaften Instrumente angestellten Beobachtungen g
brauchen kann. Diese nicht parallele Verschiebung zeigt si
dadurch, daſs die Brennpuncte beider Objectivhälften zwar zu
sammenfallen, wenn man beide auf einen gewissen gleichnam
gen Punct der Scale bringt, aber nicht mehr zusammen falle
wenn man sie beide auf irgend einen andern gleichnamigen Pun
Fig. 73. ihrer Scalen bringt. Da alsdann von jenem Puncte a aus da
eine Bild nach b, das andere Bild desselben Gegenstandes nac
c gerückt ist, so giebt das Instrument den Abstand desjenig
Punctes im ersten Bilde, den c jetzt bedeckt, nur = bf a
wenn af = ac ist, statt daſs dieser Punct doch wirklich um de
Bogen bc von b entfernt ist, und man müſste aus bf mit Hül
des Winkels bac erst bc berechnen. Damit man dieses könn
muſs man die Collimation das eine Mal bestimmen, wenn d
Schieber auf den Zahlen b und c stehen, und das andere Ma
wenn sie die gleichen Zahlen d = b, f = c, aber vertausch
zeigen; es erhellet, daſs das Mittel dieser Collimationen di
der Linie ga entsprechende Collimation giebt; und zugleich de
Winkel geb hiedurch bestimmt ist. Die umständlichere Anlei
tung, aus mehrern Beobachtungen die genaue Bestimmung de
Lage des Punctes a und des Winkels bac zu erhalten, gieb
Hansen [1], aus dessen belehrender Darstellung ich nur di
Grundlagen der einzelnen Bestimmungen ausgehoben habe; di
Untersuchungen über die Berichtigung des Stundenkreises und
Declinationskreises und der ganzen parallaktischen Aufstellung
glaube ich hier übergehen zu dürfen, da sie nicht das Heliome
ter allein angehen. Daſs man, wenn bei den vorhin erwähnten
Beobachtungen ein nicht sehr entfernter Gegenstand beobachtet
wurde, auf die Parallaxe Rücksicht nehmen muſs, die daraus

---

1 S. 19. ff.

eht, daſs des Fernrohrs Axe eine Bewegung um den eigent-
n Mittelpunct der Stellungen hat, brauche ich wohl nur
hin zu erwähnen.

Nach dem Bisherigen wird der Abstand zweier Puncte von
ıder nur durch Theile der Scale angegeben; es ist daher vor
ı nöthig, den Werth dieser Theile in Secunden auszudrük-
Hierzu könnte am einfachsten die Messung eines Gegen-
des von bekanntem scheinbarem Durchmesser dienen, indem
e sogleich die Vergleichung der Anzahl von Theilen mit der
ahl von Secunden darböte. Dabei besteht jedoch einige
wierigkeit in der Bestimmung der scheinbaren Gröſse eines
enstandes durch andre Mittel, denn wäre es ein Gegenstand
der Erde, so müſste man mit sehr groſser Schärfe seinen
ren Abstand und wahren Durchmesser wissen; oder auch
e mit groſser Schärfe durch ein Winkel messendes Instru-
ıt bestimmen; wäre es der Sonnendurchmesser, so ist es be-
ınt, daſs dieser durch ungleiche Fernröhre nicht immer ganz
ıau gleich gefunden wird, und ebenso lassen Sternabstände,
nn man absolute Genauigkeit fordert, wohl noch etwas zu
nschen übrig. Auf Bessel's Rath habe ich mich zu Bestim-
ing der Theile des Heliometers, welches die Breslauer Stern-
rte besitzt, einer Vergleichung der mit dem Heliometer ge-
essenen, auf die mittlere Entfernung der Sonne reducirten Son-
endurchmesser mit den aus Bessel's Beobachtungen gefunde-
en Werthen derselben bedient, und einen Theil der Scale
57″,39 gefunden[1]. Hansen findet durch eine andre Methode,
e ich sogleich erwähnen will, bei seinem Instrumente 57″,336.

Die Methode, deren Hansen sich bedient hat, um die
röſse der Theile zu bestimmen[2], ist auf eine Methode von
auss[3], die Abstände der Fäden in Fernröhren zu bestimmen,
gründet. Diese Methode beruht auf der Ueberlegung, daſs
e Strahlen, welche von einem im Brennpuncte des Objectivs
nes Fernrohrs liegenden Puncte ausgehen, jenseits des Obje-
ivs unter sich parallel sind, und daſs die von verschiedenen
ıncten kommenden Strahlen, wenn jene alle dem Brennpuncte
ahe liegen, nach ihrem Durchgange durch das Objectiv gegen

---

1 Astr. Jahrb. 1824. S. 162.
2 A. a. O. S. 79.
3 Astr. Nachr. II. S. 371.

einander so geneigt sind, wie die von jenen Puncten gegen Mittelpunct des Objectivs gezogenen Linien. Wären die Fä im Brennpuncte eines Objectivs von groſser Brennweite, ni so bedeutend entfernt von einem jenseits des Objectivs stehen Auge, so sähe ein fernsichtiges Auge sie, vermöge der d selbe erreichenden parallelen Strahlen, deutlich; die Fe heit der Fäden erlaubt dieses freilich nicht, aber ein vor d Objectiv jenes Fernrohrs aufgestelltes zweites Fernrohr di zur Betrachtung der Fäden im ersten Fernrohre ebenso gut, zur Betrachtung sehr entfernter Gegenstände, und ein Beoba ter, welcher durch des zweiten Fernrohrs Ocular gegen das (jectiv des ersten Fernrohrs sieht, erblickt, wenn die Axen l der Fernröhre eine gerade Linie ausmachen, und das erstere seinem Oculare gegen den hellen Himmel oder sonst einen h len Gegenstand gerichtet ist, jene Fäden deutlich und unter nem hinreichend groſsen Sehewinkel. Die scheinbare Grö des Abstandes dieser Fäden läſst sich also ebenso wie ein and rer kleiner Winkel mit einem Winkel-Instrumente abmess und dieses ist das Mittel, dessen sich Gauss zur Bestimmu der Faden-Abstände bedient.

Daſs eben die Methode anwendbar ist, um den Werth Scalentheile am Heliometer zu finden, ist leicht zu überseh Da nämlich die Axen beider Objectivhälften, auch wenn sie eine groſse Anzahl Mikrometertheile von einander absteh doch parallel sind, so sieht man im zweiten Fernrohre das do pelte Bild, welches ein in dem Brennpuncte der einen Hälf also immer auch nahe am Brennpuncte der andern Häfte im H liometerfernrohre ausgespannter Faden giebt. Stellt man d die eine Objectivhälfte in die Mitte der Scale, wo ihr Bren punct fast ganz genau mit dem in der Mitte des Feldes befind chen Faden zusammentrifft, die andre Hälfte aber um zieml viele Scalentheile von der Mitte entfernt, läſst dann das geg den Himmel gerichtete Ocular des Heliometerfernrohrs hinr chendes Licht auf den Faden werfen, (wobei es auf die gena Stellung des Oculars nicht ankommt), so kann man mit ein zweiten, an einem winkelmessenden Instrumente angebracht Fernrohre, den scheinbaren Abstand jener zwei Bilder mess und indem man die Zahl der Mikrometertheile damit vergleic hat man den Werth dieser Theile. Zu bemerken ist noch, d man, weil die Stellung der einen Objectivhälfte keine Miki

rtheilung hat, die Beobachtung zweimal bei zwei verschie-
n Stellungen der mit einer zu Ablesung der Hunderttel
enden Scheibe versehenen Objectivhälfte anstellen muſs.

Nach HANSEN's Formeln[1] erhält man in völliger Strenge
Werth eines Theils

$$06265''. \left\{ \frac{-(S'''-S')+\sqrt{[(S'''-S')^2+16(S-S')(S''-S)\,\mathrm{Tang.}^2 \tfrac{1}{2}(a+a')]}}{4(S-S')(S''-S)\,\mathrm{Tang.}\tfrac{1}{2}(a+a')} \right\}$$

bei ist vorausgesetzt, daſs die Positionskreise des Objectivs
Oculars gleich gestellt sind, daſs a der bei der ersten, a′ der
der zweiten Beobachtung gemessene Winkel ist, S die Stel-
des Ocularschiebers, S″ die Stellung des Objectivschie-
ohne Mikrometerschraube angiebt, und S′, S‴ die bei den
en Beobachtungen gefundenen Stellungen der genau abzu-
nden Mikrometerschraube. Will man sich mit einer Annä-
ng begnügen, so giebt diese Formel

$$R = \frac{206265''.\ 2.\ \mathrm{Tang.}\ \tfrac{1}{2}(a+a')}{S'''-S'}$$

r da 206265″ = 57° 17′ 45″ nichts anderes als der Halb-
sser ist, und hier Tangente und Bogen verwechselt werden
fen $R = \frac{a+a'}{S'''-S'}$, die sich von selbst darbietende Regel,
s man die Summe der nach beiden Seiten von der Mitte ge-
denen Winkel mit der Differenz der Angaben an der Scale
vidiren muſs. Die Gründe, auf welchen jene strengere For-
el beruht, muſs ich hier übergehen, da ich sonst einen groſsen
heil der Rechnungen, welche HANSEN's Abhandlung mittheilt,
schreiben müſste[2].

LAMBERT's Vorschlag, sich auf eine leichte und wohlfeile
eise ein Heliometer zu verschaffen, hat zwar bei dem jetzi-
n Zustande der Wissenschaft keinen erheblichen Werth mehr,
lem an groſse Genauigkeit dabei nicht zu denken ist, doch
g sie mit wenigen Worten erwähnt werden. LAMBERT lieſs
n Brillenglas von 10 Zoll Brennweite mitten entzwei schnei-

---

1 S. 80.

2 Zur Litteratur dieses Gegenstandes gehören noch die Abbil-
ngen und Beschreibungen des von BOUGUER vorgeschlagenen Helio-
ters in LALANDE Astr. §. 2433. u. eines ähnlichen von DOLLOND vor-
schlagenen zu Spiegelteleskopen §. 2438. Ferner die Abhandl. von
LLENCREUTZ und INSULIN de micrometro objectivo, Upsala 1767. 4.
d KÄSTNER's astron. Abhandl. 2. Sammlg. S. 372.

den, und beide Hälften in solche Schieber, wie oben erw ist, fassen; ein Ocular von 1¼ Zoll Brennweite vollendete Fernrohr. Er konnte diese beiden Objectivhälften bis zu 15 von einander entfernen, und diese Entfernung machte e Winkel von 7 Graden aus. Welche Genauigkeit sich auf Weise bei 7maliger Vergröſserung erhalten lieſs, läſst leicht übersehen[1]. *B.*

Helioskop.

Helioscopium, Hélioscope.

Ein Instrument zur Beobachtung der Sonne. Unter di Namen beschreibt Scheiner[2] das von ihm zur Beobachtun Sonne angewandte Fernrohr, das aus Linsen von farbigem (geschliffen, zusammen gesetzt war. Es war ein aus einem vexen Objectiv und concaven Ocular zusammen gesetztes F rohr, wo allenfalls auch noch ebene farbige Gläser sich zwis den Linsen eingesetzt befanden. Er bemerkt, man könne ein gewöhnliches Fernrohr gebrauchen und bloſs farbige e Gläser zwischen dem Objective und Oculare einsetzen. So beschreibt Scheiner unter dem Titel *machina helioscopica*[3] Einrichtung, um das Bild der Sonne hinter einem Fernrohr einer weiſsen Tafel aufzufangen. Dieses Bild zu erhalten, ein gewöhnliches holländisches oder auch astronomisches F rohr etwas weiter herausgezogen, als zum Beobachten entl ter Gegenstände nöthig ist, und dann gegen die Sonne geric hinter dem Fernrohre ist in der angemessenen Entfernung mit Papier überzogene Tafel aufgestellt, die das Bild aufnin das man auf concentrisch gezeichnete Kreise, um die Fle ihrer Stellung nach zu bemerken, auffallen läſst. Es b wohl keiner umständlichen Erklärung, warum man hier ein der Sonne auf dem Papiere erhält. Das gegen die Sonne kehrte Objectiv bringt in seinem Brennpuncte ein Bild der S hervor, und beim astronomischen Fernrohre gehen von di die Strahlen ganz wie von einem wirklichen Gegenstande

1 Lambert Beitr. zum Gebrauch der Math. 3ter Th. S. 221

2 Rosa Ursina, sive Sol ex admiranda facularum et macul suarum phaen. varius ostensus a Chr. Scheiner. Bracciani 1626. p

3 Ebend. p. 77.

ıllen auf das Ocular; da aber das Ocular weiter herausge-
ist, so liegt jenes Bild weiter als der Brennpunct des Ocu-
ɔn diesem entfernt und die von jenem ausgehenden Strah-
ben ein Bild jenseits des Oculars, das man gröſser oder
r erhalten kann, je nachdem man das Ocular minder oder
vom Objective entfernt. Dadurch kann man denn auch
ıen, daſs das Sonnenbild genau einen auf der Tafel vor-
hneten Kreis ausfüllt. Damit das so erhaltene Bild gut
ar sey, fängt man es entweder im ganz verdunkelten Zim-
uf, oder bringt einen Schirm um das Fernrohr an, in des-
hatten sich jenes helle Sonnenbild besser auszeichnet.
IEVEL hat das ganze dabei zu beobachtende Verfahren noch
ndlicher beschrieben[1], und KAESTNER giebt[2] eine Be-
ıng über die Gröſse des Bildes aus den Abmessungen des
ɔhrs und dem Abstande der Tafel. Diese Gröſse findet
eicht nach den Regeln, wie man die Gröſse der Bilder bei
ngläsern überhaupt berechnet. KAESTNER führt noch ei-
andere Verbesserungen hierbei an, die wohl jetzt, da man
ıe Beobachtungen fordert, keine Wichtigkeit mehr haben.

B.

Heliostat.

Heliostata; Héliostat. Ein von s'GRAVESANDE er-
lenes Instrument, um das Sonnenbild unveränderlich auf ei-
Punct zu werfen, oder wie er es ausdrückt, *heliostata, qua*
i solares firmantur. Es ist nämlich eine sehr bekannte Un-
hmlichkeit, die alle optische Untersuchungen, bei welchen
den Sonnenstrahl gebraucht, sehr erschwert, daſs dieser
dunkle Zimmer einfallende Sonnenstrahl jeden Augenblick
andere Richtung annimmt, oder das Sonnenbild, welches
an einem bestimmten Puncte zu beobachten wünscht, sei-
Ort immer verändert. Um diese Unbequemlichkeit zu he-
ı dient zwar ein Spiegel, der durch zwei Schrauben eine so
nderte Stellung erhalten kann, wie es das Fortrücken der
ıe fordert, — eine Einrichtung, die ich am Schlusse dieses Ar-
s näher beschreiben werde, — aber ein Uhrwerk, durch des-
Hülfe der Spiegel von selbst der Sonne folgt, ist ungleich

1 HEVELII Selenographia Proleg. p. 97.
2 Astron. Abh. 2. Sammlung S. 362.

bequemer, und darin besteht der Vorzug des Heliostaten, ich jetzt, nach s'Gravesande und Biot[1] beschreiben will

Es erhellet schon aus dem eben Gesagten, daſs ein el Spiegel und ein Uhrwerk die beiden Hauptbestandtheile de liostaten ausmachen. Der Spiegel, der, um die doppelten der der Glasspiegel zu vermeiden, ein Metallspiegel seyn steht auf einem eignen Fuſse P, und erhält eine Drehun zwei auf einander senkrechte Axen, damit er jede Stellung zunehmen geeignet sey. Eine dieser Axen, die verticale lich, PC, ist in dem hohlen Cylinder, der sich auf dem gestelle befestigt senkrecht erhebt, frei beweglich eingeschlo sie trägt bei C einen Bügel, in welchem die Schrauben a, a festigt sind, welche eine in der Ebene des Spiegels MM lie de horizontale Axe darbieten, um welche der Spiegel gleic frei beweglich ist. Dieser Spiegel ist fest verbunden mit Richtungsstange (*cauda*, queue du miroir,) cQ, w am Spiegel senkrecht gegen die Ebene des Spiegels befestig und die durch das Uhrwerk in die gehörige Bewegung ge wird. Sie ruht gegen ihr Ende hin auf einer Gabel FF, cylindrischer Ansatz qq sich in der cylindrischen Höhlun gleich zu erwähnenden Leitstange frei drehen kann. Die zeigt schon, daſs, während so die ganze Gabel eine Dre um die Axe qq erhalten kann, für die Richtungsstange eine zweite Drehung um die Axe bb statt findet, und daſs se auf die Richtungsstange senkrechte Axe bb stets in eine qq senkrechten Ebene liegt. Aber diese Axe bb ist nicht mi Richtungsstange selbst fest verbunden, sondern sie ist mit cylindrisch gebohrten Röhre tt so verbunden, daſs sie geg Axe dieses Cylinders senkrecht befestiget ist; in diese cyli sche Höhlung paſst genau die cylindrische Richtungsstange und während diese darin verschoben, und auf einen willk chen Punct gestellt werden kann, erhält sie zugleich die be auf einander senkrechten Bewegungen, welche vermöge Drehungen um beide Axen, qq, und bb möglich sind.

Fig. 74.

Hierdurch ist die Zusammenfügung der Theile, welche dem Spiegel verbunden sind, vollkommen klar, und es erh auch, daſs durch die Bewegung der Leitstange RD, in d

1 Physices elem. math. auct. s'Gravesande. p. 715. Biot T de Phys. Tome III. p. 175.

ng die Axe qq ihren Drehpunct findet, die Richtungs- des Spiegels und dieser selbst, in alle mögliche Lagen ht werden kann; die Gesetze der Bewegung selbst erfor- iber eine etwas sorgfältigere Ueberlegung. Der Zweck des Instruments ist, daſs der reflectirte Sonnenstrahl, den mer als aus der Mitte des Spiegels hervorkommend anse- erde, eine völlig unveränderte Lage behalte, während onne ihren Parallelkreis am Himmel durchläuft. Der Spie uſs also so um diesen feststehenden reflectirten Strahl ge- werden, daſs die auf den Spiegel senkrechte Linie oder die ts des Spiegels verlängerte Richtungsstange den zwischen feststehenden Strahle und dem Sonnenstrahle eingeschlos- Winkel halbire. Daſs wir dabei die Sonne als einen ge- Parallelkreis des Aequators durchlaufend ansehen, und ie kleine Abweichung von demselben, die vermöge ihrer stündlich ändernden Declination statt findet, nicht sehen, f wohl kaum einer Erwähnung.

Es läſst sich nun leicht zeigen, erstlich daſs die Leitstange ihre Bewegung in der Ebene des Aequators vollenden muſs, tens daſs sie stets in der Richtung stehen muſs, welche Schatten eines in ihrem Drehungsmittelpuncte senkrecht ge- die Ebene des Aequators errichteten Stiftes DE angiebt.

Um dieses zu zeigen, bemerke ich zuerst, daſs der Punct Röhrchens tt, welcher in der Axe bb der Gabel liegt, alle- gleich entfernt von der Ebene bleibt, in welcher die Leit- ge sich bewegt, und stets senkrecht über dem Endpuncte Leitstange; durchläuft also der Endpunct der Leitstange ei- Kreis mit der Ebene des Aequators parallel, so durchläuft r Punct der Axe bb einen eben solchen Kreis; — ich will en Punct die Mitte der Gabel nennen. Es stelle C den Mit- Fig. unct vor, um welchen diese Mitte der Gabel sich mit dem 75. uator parallel bewegt, und C′P sey ein gegen diese Ebene krechter Stift, gerade so hoch, daſs seines Endpunctes Schat- auf K fällt; dieser Schatten durchläuft, während des Tags en um C′ gezogenen Kreis, weil die Declination der Sonne nicht merklich ändert, und man kann also die Leitstange so drehen, daſs der Endpunct jenes Schattens immerfort auf die tte der Gabel fällt, indem nämlich dieses geschieht, wenn Leitstange stets genau so fortrückt, wie der Schatten des ftes. Wenn nun c der Mittelpunct des Spiegels MM ist, so

stellt cK die Richtungsstange vor; welche allezeit in der M
der Gabel bei K festgehalten wird, wenn sie gleich nicht im
mit demselben Puncte in der Gabel ruhend bleibt. Hat
nun die Stellung des Spiegels so gewählt, daſs cP = PK
oder der Abstand der Mitte des Spiegels von der Spitze des
tes eben so groſs, als der Abstand dieser Spitze von der M
der Gabel, dieser aber der gerade jetzt stattfindenden L
des Schattens gemäſs ist, so liegt der zurückgeworfene St
in der verlängerten Pc, wenn PK der Sonnenstrahl ist. D
im gleichschenklichen Dreieck ist PcK = PKc, und da
Richtungsstange cK mit dem Einfallslothe für den auf den S
gel fallenden Sonnenstrahl zusammentrifft, so bleibt der zurü
geworfene Sonnenstrahl immer in der verlängerten Pc, so l
der Mittelpunct der Scheibe, um welche die Leitstange
dreht, gegen den Mittelpunct des Spiegels seine Lage unve
dert behält. Die Richtungsstange muſs dann freilich in der
Fig. 74. re tt so hin und her geschoben werden, oder vielmehr
beim Fortführen der Leitstange selbst fortschieben, wie es
Fig. 75. veränderliche Gröſse der Winkel in dem Dreiecke cPK for

Diese Darstellung scheint mir völlig genügend, um zu
weisen, daſs man, nachdem die Stellung einmal so gefunden
nur nöthig hat, mit der Leitstange der Bewegung des Schat
den C′B wirft, zu folgen, oder die Leitstange gleichförmig
den unter C′ liegenden Mittelpunct zu drehen, um den Son
strahl immer in die feste Stellung zurückzuwerfen, die mit
verlängerten PC′ zusammenfällt; es kommt also nur noch
auf an zu finden, wie man den Heliostaten leicht in die er
derliche Stellung bringt, indem das Uhrwerk die gehörige F
führung der Stange dann leicht besorgt. Hierbei erhellet zu
von selbst, daſs das Uhrwerk so aufgestellt seyn muſs, daſs
Fig. 74. Scheibe, auf welcher die Leitstange DR fortgeführt wird,
Ebene des Aequators so genau als möglich parallel sey,
daſs die Uhrscheibe, die zugleich eine Sonnen-Uhr ist, u
in D ein auf den Aequator senkrechter Stift DE angebracht w
den, richtig orientirt sey. Damit nun der in D errichtete
den Schatten seiner Spitze genau auf die Mitte der Gabel
auf den festgehaltenen Punct der Richtungsstange werfe, m
die Höhe des Stiftes = A + R. Tang. d seyn, wenn A die s
rechte Höhe der Mitte der Gabel über der Leitstange, R
Länge der Leitstange und d die Declination der Sonne bede

ı Vorigen erhellt aber auch schon, daſs die Mitte des von der Spitze des so angeordneten Stiftes um R. Sec. d seyn muſs, indem C′P = PK = R Sec. d ist, wenn R und PKC′ = d ist. Hiernach muſs also die Stellung gels gewählt werden, wozu s'Gravesande sich eines lülfs-Instruments bediente, welches er *Positor*, die , nannte. Diese wird auf den Fuſs des Spiegels aufge- d ist so abgemessen, daſs der Punct X genau mit dem bereinstimmt, welcher bei Aufstellung des Spiegels den nittspunct der Richtungsstange mit der Oberfläche des einnimmt. Um diesen Punct X aber ist das Lineal YZ, ie Hälfte sich durch Verschiebung eines in einer Nuthe Theiles verlängern oder verkürzen läſst, in verticaler , um die horizontale Axe X beweglich. Indem man Arme XZ die eben berechnete Länge = R Sec. d d den Fuſs der Stellregel so verrückt, daſs theils die g von X bis zur Spitze des Stiftes die verlangte, durch des Armes XZ angegebene sey, theils die Lage die- eine solche, wie man den reflectirten Strahl zu erhal- ht, so ist alles vorbereitet, um den Spiegel an den ellregel zu bringen, ihn mit seiner Richtungsstange ge- lie Gabel und diese auf die Leitstange zu bringen. Da Verschieben des Spiegelfuſses oder auch der Uhr ei- quemlichkeit mit sich führt, so hat Charles noch esserung angebracht, die diese Verschiebungen erleich- les unsichere Probiren unnöthig macht. Fig. 75. Fig. 76.

em Fuſsgestelle des Uhrwerks ist eine Linie FF gezo- in für allemal in den Meridian gebracht wird. Da bene, in welcher die Leitstange DR sich bewegt, mit s angebrachten Gradbogens die richtige, der Aequa- gemessene, Neigung geben kann, so ist dann die Be- r Leitstange völlig berichtiget, und der Fuſs des Spie- jedesmal auf die richtige Stellung gebracht werden. es geschehe, ist erstlich in die Fuſsplatte, auf welcher es Uhrwerks ruht, eine durch die Schraube f nach der les Meridians verschiebbare Schiene eingelassen, die nal so stellt, daſs ihr Endpunct sich genau senkrecht Spitze des Stiftes E befindet, der so hoch als die De- er Sonne es gerade an dem Tage der Beobachtung er der Ebene der Aequatorealscheibe hervorragt; diese Fig. 74.

Stellung läſst sich berechnen, da sie aus der für die gegeben Declination berechneten Höhe des Stiftes, wenn man die Pro- jection derselben auf die horizontale Ebene sucht, unmittelba folgt. In dem Endpuncte dieser Schiene befindet sich zweiten der Drehungspunct eines andern auf dem horizontalen Bode aufliegenden Stückes G, in welches der Fuſs des Spiegels einge lassen ist. Man kann diesen Fuſs in einer Nuthe, die auf jener Stücke eingeschnitten ist, vermittelst einer Schraube hin un her bewegen, und wenn man die Neigung gegen den Horizont die man dem reflectirten Strahle zu geben gedenkt, bestimm hat, die Entfernung dieses Fuſses so groſs nehmen, wie es di horizontale Projection der von der Spitze des Stiftes zur Mitt des Spiegels gezogenen Linie fordert. Bei der Drehung diese den Spiegelfuſs tragenden Stückes um die Projection der Spitz E des Stiftes DE auf den Boden bleibt die horizontale Projec- tion jener zwischen der Mitte des Spiegels und der Spitze de Stiftes gezognen Linie stets gleich lang, und wenn man vermit- telst der Stellregel die Höhe aufsucht, die der Mitte des Spie- gels zukommt, so kann man dem zurückgeworfenen Strahle je- de willkürliche Richtung anweisen. Hat man diese Richtung einmal für die zu unternehmende Beobachtung gewählt, so wir der Spiegelfuſs festgeschraubt, und die Richtungsstange in di Gabel, diese aber in die Leitstange eingelegt, und auf die de Zeit angemessene Theilung der im Aequator liegenden Scheib gebracht, wo dann das die Leitstange in 24 Stunden herumtrei- bende Uhrwerk das Uebrige bewirkt.

Will man die zu der eben angegebenen Stellung erforderli- chen Maſse in Formeln ausdrücken, so ist auch das sehr leicht. An der Linie, an welcher jene erste Schiene anliegt, müsset gleiche Theile aufgetragen seyn, und am besten ist es, den Punct als Nullpunct zu bemerken, über welchem senkrecht di Spitze des Stiftes E zur Zeit der Aequinoctien, das ist, dann wenn er die Länge = A hat, stehen muſs. In jedem andern Falle, wo von diesem Puncte an die horizontale Projection des Theiles, welcher = R Tang. d ist, aufgetragen werden muſs erhält man diese = R Tang. d Cos. △, wenn △ die Polhöh des Ortes ist, und diese muſs nordwärts oder südwärts von je- nem Anfangspuncte an aufgetragen werden, je nachdem die De- clination d der Sonne nördlich oder südlich ist. Damit ist di Lage des Drehungspunctes, um welchen der Spiegelfuſs sich be-

;en soll, gegeben; da aber die Mitte des Spiegels von der :ze des Stiftes um R. Sec. d entfernt seyn muſste, so ist, ın die geforderte Neigung des Strahls = i heiſst, die horitale Projection dieser Länge = R. Sec. d. Cos. i und hiernach de an der vom Drehungspuncte an aufgetragenen Theilung Stellung der Mitte des Spiegelfuſses zu bestimmen seyn. Die ıe des Spiegels lieſse sich dann auch berechnen, wenn man nicht erst durch Höherschrauben und Tieferschrauben vertelst der Stellregel aufsuchen will. Heiſst nämlich B die verıle Höhe des Stiftes zur Zeit der Nachtgleiche, so ist die Höder Spitze des Stifts allgemein = B + R. Tang. d. Sin. △, l die verticale Projection der zwischen der Mitte des Spiegels l der Spitze des Stifts gezogenen Linie = R. Sec. d. Sin. i ı die Höhe der Mitte des Spiegels = B + R. Tang. d. Sin. △ R. Sec. d. Sin. i. Da der Fuſs des Spiegels doch so eingehtet seyn muſs, daſs man den Mittelpunct des Spiegels ver:telst einer Schraube höher oder tiefer stellen kann, so kann n dann auch eine Scale zum Ablesen dieser leicht zu berechnden Höhe anbringen. Diese verschiedenen Scalen würden ı besten in Zehntel und Hunderttel von R, der Länge der :itstange, eingetheilt.

Da der Heliostat ein theures Instrument ist, und überdieſs icht überall ein Platz zu seiner Aufstellung sich so bequem finet, daſs man ihn immer an seinem Platze lassen könnte, so beient man sich gewöhnlich einer viel einfachern Vorrichtung, m den Sonnenstrahl durch Zurückwerfung in eine zu Beobachıngen passende Lage zu bringen. Man richtet den Spiegel, urch welchen man den Lichtstrahl in das dunkle Zimmer brinen will, so ein, daſs er neben der Oeffnung, wo der Lichttrahl hereindringen soll, angeschraubt werden kann, und giebt ım eine doppelte Bewegung vermittelst Stellschrauben. Es rird nämlich an den Fensterladen, in welchem die Oeffnung um Einlassen des Lichtstrahls befindlich ist, eine starke vierckige Messingplatte angeschraubt, in deren Mitte ein kreisförniges Stück von etwa 3 Zoll Durchmesser so ausgeschnitten ist, laſs es sich leicht in dem übrigen Theile der Platte drehen läſst. Eine in die Randzähne der Scheibe eingreifende Schraube ohne Ende bewirkt diese Drehung so, daſs jene ausgeschnittene Schei-

be in ihrer Höhlung jede willkürliche Stellung annehmen kann. Dieses kreisförmige Stück hat in seiner Mitte die Oeffnung, die den Lichtstrahl einlassen soll, und an dem Rande desselben ist mit einem Charnier ein Spiegel so befestigt, daſs er sehr verschiedene Neigungen gegen die Messingplatte, also auch gegen den Fensterladen, annehmen kann. Indem man nun diesen Spiegel an diejenige Seite der Kreisscheibe stellt, wo seine Mitte mit der Sonne und der Oeffnung in einer Ebene ist, und wo dann von selbst schon diese Ebene gegen die Spiegelfläche senkrecht ist, und mit Hülfe einer zweiten in ein gezahntes Rad eingreifenden Schraube die Neigung des Spiegels passend bestimmt, so erhält man einen durch die Oeffnung in das Zimmer geworfenen reflectirten Strahl, und kann durch leise, aber oft wiederholte Fortrückung beider Schrauben den Sonnenstrahl in einer sehr nahe unverrückten Lage erhalten. Man hat dabei nur freilich die groſse Unbequemlichkeit, die zwei Schrauben selbst bewegen zu müssen, die bei dem Heliostaten vermittelst eines Uhrwerks bewegt werden. *B.*

H e l i o t r o p.

Heliotropium. Ein Instrument, welches die Sonne wendet[1], nämlich den Sonnenstrahl einem entfernten Beobachter zuwirft. Dieses von Gauss erfundene Instrument ist dazu bestimmt, bei groſsen geodätischen Operationen die sonst so schwierigen Signale auf entfernten Standpuncten zu ersetzen. Es ist nämlich bekannt, daſs man bei trigonometrischen Messungen eines ganzen Landes, oder bei Gradmessungen gern groſse Dreiecke durch Winkelmessung bestimmt; aber eben so bekannt ist es, daſs es nicht wenig Schwierigkeit hat, in gröſseren Entfernungen Signale zu errichten oder Signale momentan zu geben, die zur Beobachtung recht geeignet wären. Daſs aufgerichtete Stangen in der Entfernung von mehreren Meilen selbst durch Fernröhre nicht mehr sichtbar bleiben oder wenigstens selbst in mäſsiger Entfernung bei einer irgend getrübten Heiterkeit der untern Luft undeutlich werden; daſs selbst gröſsere, als Signale aufgerichtete oder benutzte Gegenstände, wenn sie gleich kenntlich bleiben, doch keine so präcise bestimmte Puncte, wie man

1 Von ἥλιος die Sonne und τρέπω ich wende.

ır genauen Bestimmungen wünscht, der Beobachtung
, ist bekannt.

Unsicherheit, die man empfindet, wenn man Thürme
che Gegenstände als Zielpuncte anwenden will, wird
ırch vermehrt, daſs ungleiche Beleuchtung bald die ei-
die andere Seite lebhafter zeigt, und also der Punct,
ür ihre Mitte hält, oder den man als ihre Grenze zu
glaubt, nicht immer einer und derselbe ist. Ueber-
ıen ja diese Puncte von mehrern Orten aus beobachtet
ınd man wünscht wieder von dem Puncte aus zu be-
welcher Zielpunct der andern Beobachtung gewesen
feuer, die bei nicht erheblichem Durchmesser glänzend
d, um in weiter Ferne gesehen zu werden, bieten al-
essere Winkelpuncte für die abzumessenden Dreiecke
sie sind immer auf kurze Zeitmomente beschränkt,
ıstbar, und ihre Beobachtung kann durch Zufall ver-
len, so daſs auch sie nicht immer den Wünschen des
Genüge thun. Diese, auch bei der Gradmessung im
ı Hannover fühlbar werdende Schwierigkeit brachte
f den Gedanken, das Sonnenlicht selbst statt der Blick-
enutzen. Es ist eine bekannte Bemerkung, daſs man
rschein der Sonne von spiegelnden Dachbelegungen
Fensterscheiben, selbst in groſser Entfernung noch mit
Lichte sieht, und wenn man hieran die Bemerkung
aſs das Sonnenlicht, wenn es gleich bei der Zurück-
om Spiegel eine sehr bedeutende Schwächung erlei-
immer noch eine Intensität besitzt, die alle künstlichen
ıgsmittel bei weitem übertrifft, so bedurfte es gerade
ısamen Beweises, daſs man das zurückgeworfene Son-
ohl als Signal gebrauchen könnte. Aber es fehlte uns an
rumente, welches geeignet war, von dem Puncte aus,
u bestimmen wünschte, nach dem Puncte hin, wo
ıchter sich mit seinem Winkelmesser befand, den
l eines Spiegels hin zu werfen, und dieses ist es, was
Heliotropen erreicht wird.

Theorie dieses Instruments ist höchst einfach. Wenn
gel-Ebenen ef und cd auf einander senkrecht befestigt
daſs fhc, fhd rechte Winkel sind, so stelle man das Fig.
ab so auf, daſs man den Punct i, welchem man den 77.
ahl zuwerfen will, in der Mitte des Fernrohres sieht,

und drehe beide Spiegel so, daſs der Sonnenstrahl aus dem Sp gel fe ins Fernrohr geworfen werde, oder mit der Richtung zusammenfalle; dann wirft der andre Spiegel cd den Sonne strahl nach i. Denn wenn Sh den directen Sonnenstrahl v stellt, und ha den reflectirten Strahl, so sind die Winkel Einfallslothe gleich, Shc = ahc, aber da ahc und dhi Scheitelwinkel gleich sind, so ist Shc = dhi und der vo reflectirte Sonnenstrahl gelangt nach i.

Beschreibung des Instruments.

Die Einrichtung des Instruments wird sich nun, den Hau
Fig. 78. theilen nach, leicht übersehen lassen. abfe ist ein sehr ma ver Träger, worin das Fernrohr liegt, und dieses wird d die Deckel bei e und f mit beträchtlicher Reibung in den La gehalten. Dieser Träger ruht auf einem mit Stellschrauben v sehenen Dreifuſse. Das Fernrohr kann durch horizontale D hung um die in der Säule ST befindliche Axe leicht auf d Gegenstand gerichtet werden, welchem der Sonnenstrahl zu worfen werden soll, und er läſst sich dann, vermittelst d Stellschrauben des Dreifuſses, ganz genau auf denselben rich Bei xy und uv sind zwei Handgriffe, der erstere um das Fe rohr mit dem daran befestigten, die Spiegel tragenden Rahm in seinem Lager zu drehen, der letztere um beiden Spiegeln ne Drehung mitzutheilen. y und v sind Gegengewichte di Handgriffe x und u.

Am Objectiv-Ende des Fernrohres ist ein aus drei re winklich an einander gefügten Stücken bestehender Rahmen h befestigt, und dieser trägt einen zweiten, um die Axe hl dr baren Rahmen mnpq. Da der erstere sich um die beinahe h rizontale Axe des Fernrohrs drehen kann, der zweite aber s um eine auf die vorige senkrechte Axe dreht, so erhellet, d die Ebene des letztern in jede willkürliche Stellung gebr werden kann. Dieser letztere Rahmen enthält die beiden, i eine einzige Spiegel-Ebene ausmachenden Spiegel mnsr u twqp, die hinten mit Platten verwahrt sind, und Stellschr ben haben, um das genaue Zusammenfallen der Ebenen bei zu bewirken. Mit ihnen ist fest und in rechtwinklicher Stell verbunden der schwarze Spiegel $\alpha\gamma\varepsilon\zeta$, der an seiner hint Seite einen Arm oder Schwanz hat, um durch Stellschrauben

anz genaue gegen den vorigen Spiegel rechtwinkliche Stel- gebracht zu werden. Dieser letztere Spiegel wirft dem Au- :s Beobachters das Sonnenbild zu.

Bei dem Gebrauche des Instruments stellt man es so, daſs litte des Fadenkreuzes auf den Punct trifft, den der ent- e Beobachter einnimmt. Dann dreht man das Fernrohr um Axe und die verbundenen Spiegel um die Axe hl, und diese Drehungen so einrichten, daſs man das Sonnenbild Fernrohr und auf die Mitte des Fadenkreuzes bringt. So- dieses der Fall ist, sieht der entfernte Beobachter das Son- bild in dem aus zwei Stücken bestehenden groſsen Spiegel. er gröſsere Spiegel braucht indeſs selbst nur von geringer se zu seyn, da ein Spiegel von 2 Zoll breit und 1½ Zoll schon ein auf sehr groſse Entfernungen sichtbares Sonnen- giebt.

Für diejenigen Trigonometer, welche keinen Heliotropen tzen, aber mit einem Spiegelsextanten versehen sind, der einem recht soliden Fuſsgestelle steht, bemerkt Gauss, daſs sich des *Spiegelsextanten* statt eines Heliotropen bedienen nen. Hat man nämlich mit dem Spiegelsextanten den Win- zwischen der Sonne und dem Puncte genommen, dem man Licht zuwerfen will, so läſst man den Gradbogen des Sex- ten völlig fest auf seinem Fuſse, dreht aber möglichst schnell, mit nicht die Sonne unterdeſs merklich ihren Stand ändere, die t dem groſsen Spiegel des Sextanten verbundne Alhidade um viel weiter, als der Winkel beträgt, den die Gesichtslinie des rnrohrs mit dem Perpendikel auf den zweiten Spiegel macht; n wird das Licht der Sonne auf den verlangten Punct ge- rfen[1]. Dieses läſst sich leicht beweisen.

Es sey a𝔵 der auf Null des Gradbogens stehende groſse Fig. 79. iegel des Sextanten, cγ der mit dieser Stellung parallele klei- Spiegel; TB sey der von jenem Puncte, dem man den Son- nstrahl zusenden will, herkommende Lichtstrahl, der nach C auf den zweiten Spiegel und nach CD nach der Richtung r Axe des Fernrohres zum Auge hin geworfen wird, wenn e Alhidade BA auf Null Graden bleibt. SB sey der Sonnen- rahl, und ABE = aBe der Winkel, um welchen man die

1 In von Zach's correspondance astronomique V. p. 376. Zeile). muſs statt de ce troisième miroir stehen, du second miroir.

Alhidade drehen muſs, um die Sonne im Spiegel $c\gamma$ zu sehen. Es sey $ABC = BC\gamma = \alpha$; $ABE = aBe = \beta$, so ist $EBC = eBS = \alpha - \beta$, weil nämlich BC hier der reflectirte Sonnenstrahl seyn muſs, damit dieser bei nochmaliger Reflexion zum Auge gelange. Der Winkel, unter welchem der zum Auge gelangende Strahl gegen das Einfallsloth am zweiten Spiegel geneigt ist, bleibt immer $= 90° - \alpha$, und wenn man um diesen Winkel die Alhidade mit dem groſsen Spiegel fortdreht, so daſs $EBF = eBf = 90° - \alpha$ ist, so hat man $SBf = \alpha - \beta + 90° - \alpha = 90° - \beta$; den zurückgeworfenen Strahl stelle bei dieser Lage des Spiegels BK vor, so ist $FBK = 90° - \beta$, aber $FBC = EBC - 90° + \alpha = 2\alpha - \beta - 90°$, also $CBK = 2(90° - \alpha) = BCD$, also BK mit CD parallel, das ist, mit BT zusammenfallend, und der reflectirte Strahl trifft den Punct, von welchem der Strahl TB herkommt, oder von welchem tCD herkommt.

Bemerkungen über den Gebrauch des Heliotropen.

Mit welchem Erfolge der Heliotrop angewandt worden, davon giebt Gauss selbst Beispiele, die ich etwas näher anführen will[1]. Die Entfernung vom *Lichtenberge* bis zum Berge *Hill* ist 39952 Meter; die des *Deisters* vom *Hill* 40605 Meter; die des *Lichtenberges* vom *Brocken* 42437 Meter; vom *Hill* zum *Brocken* 55122 Meter. Auf den drei ersten Entfernungen sah man das reflectirte Licht immerfort mit bloſsem Auge; auf der letzten Distanz war es, wenn die Umstände die Beobachtung irgend begünstigten, gleichfalls sichtbar, und einmal, unter besonders günstigen Umständen sah man das vom *Brocken* aus reflectirte Licht sogar auf dem *Hohenhagen* in 69194 Meter = 213010 Par. Fuſs Entfernung mit bloſsem Auge. Im Fernrohre konnte man das Licht vom *Inselsberge* auf dem *Brocken* in 105986 Meter Entfernung noch sehen, und gegen Sonnen-Untergang sehr gut darauf pointiren.

Bei einer Entfernung von 120000 Fuſs, welches noch erheblich weniger als 40000 Meter ist, beträgt die scheinbare Breite selbst eines dreizolligen Spiegels nur 0,43 Sec., also sein Quadrat-Inhalt = 0,185 Quadrat Secunden. Lege ich nun (nach

1 De Zach Corr. Astr. VI. p. 66.

s Angabe)[1] diesem Lichte die 12000fache Intensität un-
.vöhnlichen Kerzenlichtes bei, so müſste ein solches un-
scheinbaren Gröſse von 0,185 . 12000 = 2220 Quadrat-
en erscheinen, also, wenn die Lichtflamme etwa 3mal
als breit ist, von 81 Secunden scheinbarer Höhe. Neh-
also die Lichtflamme 1 Z. hoch an, so müſste sie 2540 Z.
Fuſs entfernt seyn, um nur noch eben so stark als jenes
te Licht aus 120000 Fuſs Entfernung auf das Auge zu wir-
lan sieht, aber eine solche Lichtflamme noch aus erheblich
er Entfernung. Daſs nun ein Licht von so groſser Intensi-
ie es der Heliotrop darbietet, welches endlich nur seiner
eit wegen dem bloſsen Auge unsichtbar wird, im Fern-
ı noch viel gröſseren Abständen, so wie eben erwähnt ist,
ır bleiben muſs, läſst sich hieraus wohl übersehen.

m bei diesen Beobachtungen dem entferten Gehülfen an-
en, daſs man zu beobachten im Begriff sey, räth Gauss
ıfige Signale an; er selbst wandte tactmäſsig unterbrochene
litze, die er mit seinem Sextanten hinsandte, dazu an,
sein Correspondent antwortete in demselben Augenblicke
ı ähnliche Signale mit dem Heliotropen. Gauss bemerkt
, wie nützlich solche Signale auch in andern Fällen seyn
ten, und daſs sie, zumal zu militärischen Zwecken, den Vor-
haben, auſser der Linie zwischen beiden Correspondenten
nicht bemerkt zu werden. Daſs diese Signale, so wie Blick-
r zu Längenbestimmungen dienen können, ist leicht zu
sehen.

Ueber die genaue Berichtigung des Heliotropem giebt Gauss
nde Anleitung[2]. 1. Um die optische Axe des Fernrohrs
der Drehungs-Axe des Fernrohrs in genaue Uebereinstim-
g zu bringen, dienen zwei am Oculare angebrachte Correc-
sschrauben. Daſs man die Nothwendigkeit dieser Correc-
ı erkennt, indem man einen Punct mit der Mitte des Faden-
ızes zusammenbringt, und sieht, ob er bei der Drehung des
nrohrs in der Mitte des Fadenkreuzes bleibt, ist bekannt.
Die Drehungs-Axe hl der Spiegel muſs gegen die Axe des Fig.
nrohrs senkrecht seyn, und auch dazu sind Correctionsschrau- 78.
ı angebracht. Ob diese Berichtigung nöthig ist, lehrt Gauss

[1] S. Art. *Erleuchtung*. Th. III. S. 1149.
[2] Schumacher's astr. Nachr. V. S. 329.

durch folgendes Verfahren bestimmen. Die Axe hl der Spi wird nach dem Augenmaſs vertical gestellt, und zwar so, der Handgriff zum Drehen uv zu unterst steht; dieser, dar horizontaler Richtung bewegliche Handgriff wird mit dem F rohre parallel gestellt. Man hängt nun an den Handgriff ein veau, und bewirkt die genaue Einstellung desselben durch hung der Stellschrauben des Dreifuſses. Ist dieses gesch so wird der zuerst unter dem Fernrohr stehende Stiel des H griffs durch eine Drehung von 180 Graden um die Spiegel- in eine vom Fernrohre abwärts gehende Stellung gebracht, nun das Fernrohr aus seinen Lagern vorsichtig ausgehoben so wieder eingelegt, daſs das Ocular an dem Ende ist, wo erst das Objectiv war; der Stiel des Handgriffes bleibt a untern Seite vom Fernrohre abgewandt. Findet sich nun der das Niveau richtig eingestellt, so ist keine Correction nö sonst muſs man die Hälfte der im Niveau entstandenen Ver kung durch die Schraube corrigiren, welche die Spiegel- berichtiget. Der Grund ist einleuchtend, da dieses Uml den Fehler in der Richtung jener Axe verdoppelt zeigt. die Drehungs-Axe des Fernrohrs mit der Linie durch die be aufliegenden Puncte parallel seyn muſs, wird hierbei vor gesetzt.

3. Die Ebenen der beiden Spiegelstücke mnsr und tw so wie des darauf senkrechten kleinen Spiegels $\alpha\gamma\varepsilon\zeta$ müssen der Drehungs-Axe parallel seyn. Es ist bekannt, daſs Ebene, die mit einer Axe parallel ist, nach einer Drehung 180° genau mit ihrer ersten Lage parallel wird, statt daſs nicht zu dieser parallelen Lage kommen kann, wenn sie mit Axe, um welche die Drehung geschieht, nicht parallel ist. also zu sehen, ob einer jener drei Spiegel mit der Axe par ist, wird die Gabel hikl mit ihren Spiegeln abgenommen, auf ein Bret befestigt, an den gleich zu erwähnenden Ort bracht. Man stellt zwei mit Kreuzfäden versehene Fernr
Fig. 80. M, N so auf, daſs ihre optischen Axen sich einander in R sch den (oder wenigstens ganz nahe an einander vorbeigehen), w rend in dem Durchkreuzungspuncte der Fäden des einen Punct P, in dem Durchkreuzungspuncte der Fäden des and der Punct O erscheint. Diese Gegenstände P, O, brauchen k 100 Fuſs entfernt zu seyn. In dem Puncte R, wo die optisc Axen sich durchkreuzen (den man leicht mit hinreichender

eit findet, indem man einen kleinen Gegenstand dort auf- und sieht, wo dieser stehen muſs, damit einerlei Punct Axe beider Fernröhre erscheine), wird der zu prüfende so gestellt, daſs der Punct O in der Axe des Fernrohrs Spiegel erscheine. Hier erhellet nun leicht, daſs wenn lere Seite des Spiegels parallel mit jener und ebenfalls nd wäre, zugleich der Punct P gespiegelt in der Axe des hrs N erscheinen müſste; man bringt aber eben jene nach l M gekehrte Spiegelfläche an die nach P und N gekehrte indem man den Spiegel um 180 Grade um die Axe dreht, a die Axe so gut wie genau in der Spiegel-Ebene selbst so muſs sie nach dieser Drehung fast genau den vorigen eder einnehmen, oder in kaum merklichem Abstande von lben der vorigen Lage parallel seyn, also das Licht von ı N werfen, wenn die Spiegel-Ebene genau mit der Axe l ist. Findet man also nach der Drehung nicht den Punct er Mitte des Fadenkreuzes von N, so muſs man den Feh- ır Hälfte am Spiegel corrigiren, (zu welchem Zwecke die ı schon erwähnten Stellschrauben dienen), dann durch Aen- g der Stellung des ganzen Apparats das Bild von P völlig in xe von N bringen, und sehen, ob nun bei der Drehung 80 Grade das Bild von O genau nach M geworfen wird.

4. Die beiden Spiegel-Ebenen m n s r, t w q p müssen genau Fig. llel seyn, so daſs sie wie ein einziger Spiegel anzusehen sind. 78. ın man eine mit der Spiegel-Axe ungefähr parallele gerade Li- o sieht, daſs sie zum Theil in der eine, zum Theil in der an- Spiegelhälfte erscheint, so müssen diese beiden Bilder eine le Linie ausmachen, und schon das bloſse Auge entscheidet iber mit vieler Genauigkeit. Als zweites Mittel schlägt Gauss sich dieser beiden Spiegel-Ebenen als eines künstlichen Ho- nts zu bedienen, wobei die Messung der Sonnenhöhe dann rlei Resultat geben muſs, man mag das Bild der Sonne im n, oder in demselben Augenblick im andern Spiegel nehmen.

5. Endlich muſs die Ebene des kleinen Spiegels genau recht gegen die Ebene jener beiden Spiegelhälften seyn. — ss giebt folgendes Verfahren als das zu diesem Zwecke be- mste an. Man stellt den Heliotropen und ein Hülfsfernrohr Kreuzfäden so auf, daſs die optische Axe des Hülfsfern- rs mit der des Heliotropenfernrohrs parallel ist, und etwa viel höher liegt, als die halbe Distanz der Mitte der beiden

Spiegelhälften ms, tq. Dieses wird dadurch bewirkt, daſs den Heliotropen auf ein gut zu sehendes entferntes Object r tet, das Fernrohr herausnimmt, und nachdem das Hülfsfern in der angegebenen Höhe auf dasselbe Object gerichtet ist, Heliotropenfernrohr in umgekehrter Lage wieder einlegt. Spiegel-Axe wird nun vertical gestellt, und durch Drehung verbundenen Spiegel bewirkt, daſs irgend ein genügend k licher Punct durch Reflexion im kleinen Spiegel genau in Axe des Heliotropenfernrohrs erscheine; dieser selbige I muſs auch im Hülfsfernrohre, durch Reflexion in der c
Fig. Spiegelhälfte in der Axe des Fernrohrs erscheinen; denn o
81. bar ist, wenn b c f = 90°, S b f der einfallende, b a der r tirte Strahl am einem, f g am andern Spiegel ist, a 2. (90° — b f c) und ebenso groſs ist, da b c, c f die beiden gelflächen vorstellen, b f g, also g f mit b a parallel. Ers derselbe Punct also nicht in der Axe des Hülfsfernrohrs, so man mit der am Schwanze des kleinen Spiegels angebra Correctionsschraube diesen berichtigen[1].

Zum Schlusse mag hier noch die Bemerkung stehen, Scheiner[2] ein, unsern parallaktisch aufgestellten Fernr ähnliches Instrument ein *Heliotropium* nennt, weil es sic mer nach der Sonne wendet, oder sich bequem, um fort rend die Sonne zu beobachten, gegen sie wenden läſst.

B.

Herbst.

Autumnus; Automne; *Autumn.* Diejenige J zeit, welche den Uebergang vom Sommer zum Winter m Man rechnet den Anfang des Herbstes an dem Tage, an chem die Sonne nach ihrer höchsten Stellung den Ae wieder erreicht, und das Ende des Herbstes oder der Anfan Winters ist an dem Tage, wo die Sonne den Wendekre daher ihren niedrigsten Stand am Himmel erreicht. Fü nördlichern Gegenden der Erde ist daher der Anfang des I

---

1 Auſser dem hier Angeführten giebt Gauss am genannte noch mehr Regeln, die ich hier wohl übergehen darf.

2 Im 3ten Buche der rosa ursina.

stes mit dem Eintritte der Sonne in die Waage gleichzeitig, und der Herbst endigt sich, wenn die Sonne in den Steinbock tritt; er dauert also vom 23. Sept. bis 21. Dec. Daſs für die südliche gemäſsigte und kalte Zone die Zeit, da die Sonne den Widder, den Stier und die Zwillinge durchläuft, Herbst heiſsen müsse, erhellet hieraus von selbst.

Daſs die Witterung, die wir Herbstwitterung nennen, sich nicht genau an diese Zeit bindet, sondern oft völlige Winterkälte vor dem 21. Dec. eintritt, oft auch der Sommer sich über die Grenze des Herbstes hinaus verlängert, ist bekannt. Im Allgemeinen ist in unsern Gegenden der Herbst die Jahrszeit, wo die Bäume ihr Laub verlieren, die Luft kälter und feucht wird, sich auch abwechselnd wohl schon Frost und Schnee findet.

B.

Herbstnachtgleiche.

Aequinoctium autumnale; équinoxe d' automne; *autumnal Equinox.* Die Zeit, wann die Sonne, von ihrem höhern Stande sich dem Aequator nähernd, diesen wirklich erreicht. Dieser Zeitpunct ist der Anfang des Herbstes und es ist dann der Tag so wohl als auch die Nacht 12 Stunden lang.

Für die nördliche Halbkugel ist der Eintritt der Sonne in die Waage der Zeitpunct der Herbstnachtgleiche, nämlich der 23. Sept.

B.

Herbstpunct.

Punct der Herbstnachtgleiche; *Punctum aequinoctii autumnalis.* Der Durchschnittspunct der Ekliptik mit dem Aequator, wo sie bei ihrer allmälig niedrigern Mittagshöhe, diesen erreicht. In Beziehung auf die nördliche Halbkugel verstehen wir fast allemal den Anfangspunct der Waage, wenn wir vom Herbstpuncte reden; er wird mit 0° ♎ bezeichnet. Dieser Punct, welcher der Nullpunct der Waage heiſst, ist indeſs jetzt nicht mehr bei den Sternen der Waage, sondern nahe bei den Sternen auf der linken Schulter der Jungfrau[1].

B.

---

[1] Vergl. Art. *Nachtgleichen.*

Himmel.

Himmelsgewölbe, Firmament; *Coelum, sphaera coelestis, firmamentum;* Ciel, firmament; *Heaven, Sky.* Wenn wir bei Tage oder auch in einer nicht allzu finstern Nacht über uns sehen; so kommt es uns vor, als umgebe uns dort oben ein groſses Gewölbe, an welchem die Sterne sich zu befinden scheinen, und an welchem bei Tage die Sonne fortzurücken scheint; dieses nennen wir den *Himmel*.

Daſs keine feste Himmelskugel, an welcher die Sterne angeheftet wären, vorhanden, und daſs die Meinung der Alten von mehrern in einander liegenden und einzeln beweglichen Himmelskugeln, durch deren Drehung die Sterne um uns herumgeführt werden, ungegründet sey, darf ich wohl als erwiesen voraussetzen. Diese Ansicht muſste von selbst fallen, sobald man richtigere Kenntnisse von der Bewegung der einzelnen Planeten erhielt, und selbst Descartes's Meinung von einer diese Welträume erfüllenden Materie, in deren Wirbeln die Weltkörper fortgezogen würden, konnte nicht mehr bestehen, als man nach Newton's Anleitung die genaueren Gesetze der Bewegung dieser Körper kennen lernte, und dadurch zu dem Schlusse, daſs keine irgend einen erheblichen Widerstand leistende Materie in den Himmelsräumen vorhanden sey, geleitet wurde.

Da dieser Raum also, auſser jenen leuchtenden Körpern, unserm Auge gar keinen Gegenstand darbietet, so sollte der Zwischenraum zwischen den Sternen uns vollkommen dunkel erscheinen [1]. Selbst am Tage würden wir den Raum über uns ganz dunkel und nur die Sonne aus diesem sie umgebenden Dunkel mit ihrem mächtigen Glanze hervorschimmern sehen, wenn gar nichts da wäre, was Licht zurückwürfe. Aber die unsere Erde umgebende Luft bietet dem Lichte Theilchen von hinreichender Dichtigkeit dar, von welchen es zurückgeworfen wird; daher zeigt sich selbst der wolkenfreie Himmel am Tage glänzend, und so glänzend, daſs unser Auge oft kaum auf längere Zeit diesen Glanz erträgt. Dieser Glanz des Himmelsge-

1 Betrachtungen über die Frage, ob nicht bei einer bis ins Unendliche fortgehenden Folge von Sternsystemen sich der ganze Himmel leuchtend zeigen müsse, finden sich im Art. *Aether*. Th. I. S. 276.

wölbes ist geringer auf hohen Bergen, wo die dünnere Luft, zumal wenn sie von Dünsten frei ist, einen so geringen Antheil von Licht zurückgiebt, daſs man dort, weil das Auge weniger geblendet wird, mit mehr Leichtigkeit sehr helle Sterne am Tage sehen kann.

Wenn die in der Atmosphäre befindlichen Luft- und unsttheilchen alle Arten farbigen Lichtes gleich gut zurückürfen, so müſste uns dieser allgemeine Glanz der erhellten uft weiſs erscheinen, so wie eine Nebelmasse uns erscheint d wie die weiſsen glänzenden Wolken uns erscheinen, durch elche die Sonne sich weiſs zeigt, und welche selbst sich weiſs gen, weil alle Arten Licht gleich gut durchgelassen und gleich reflectirt werden; aber so verhält es sich nicht, sondern der mmel ist blau, die Lufttheilchen werfen also mehr blaues ht, als rothes oder gelbes zurück, und obgleich der ungeine Glanz des Himmelsgewölbes auch zu groſsem Theile aus iſsem Lichte besteht, so ist doch das zurückgeworfene blaue ht in hohem Grade vorwaltend. Die reine, dunstfreie Luft eint ganz vorzüglich die Eigenschaft zu besitzen, daſs sie das e und gelbe Licht vorzugsweise durchläſst, während sie das e vorzugsweise zurückwirft; die wässerigen Dünste dagegen fen alle Arten von Licht ziemlich gleichmäſsig zurück, und en, wenn die Luft sehr mit ihnen erfüllt ist, dem Himmel milchiges Ansehen. Wie diese Erscheinungen der ungleiBläue des Himmels mit den ungleichen Erscheinungen der *genröthe* und *Abendröthe* zusammenhängen, habe ich auf Weise, die mir noch immer genügend scheint, im Artikel *dröthe* auseinander gesetzt.

Zu dem dort Angeführten muſs ich noch Folgendes hinzun. HASSENFRATZ[1] hat es der Mühe werth gefunden, das atische Sonnenbild zu verschiedenen Zeiten genauer zu suchen, und gefunden, daſs die niedriger stehende Sonne al ein Farbenbild gab, worin die stärker brechbaren Farben oder minder fehlten. Das Sonnenbild, welches bei hochnder Sonne eine Länge von 185 Millimetern hatte, zeigte unter sonst ganz gleicher Anordnung des Versuchs, nur 100 Millimeter lang, ja am 15. Jan. 1805 gegen die Zeit onnenunterganges nur 70 Millimeter lang. Diese Verkür-

Ann. de Chimie. LXVI. p. 60.

zung des Sonnenbildes entstand aus dem Mangel der blauen Strahlen, die am 15. Jan. 1805 so fehlten, daſs das ganze Farbenbild nur aus Roth, Orange und Grün bestand. Die blauen und violetten Strahlen waren also in der Luft, ohne Zweifel durch Reflexion verloren gegangen.

Aus den Beobachtungen[1] von Seebeck und v. Göthe, daſs das vom blauen Himmel zu uns kommende Licht ein wahrhaft polarisirtes ist, geht noch ein neuer Grund hervor, dieses Licht als reflectirtes Licht anzusehen. Arago und Brewster haben jene Beobachtungen schon benutzt, um diese Behauptung daran zu knüpfen[2].

Von der Form dieses Himmels über uns scheint eigentlich, wenn der Himmel frei von Wolken ist, gar keine Rede seyn zu können, da unser Blick hier gar keine Schranken findet. Wollten wir von einer theoretisch zu bestimmenden Form sprechen, so müſste es wohl gewiſs die Form einer Halbkugel seyn, wenn der Himmel unbewölkt ist, und bei einer Bedekkung mit Wolken müſsten wir die Gestalt dieser Wolkenschicht bestimmen, um theoretisch die Gestalt des Himmelsgewölbes anzugeben; aber hier zeigt sich uns Manches anders, und unser unwillkürliches Urtheil bringt auffallende Täuschungen hervor.

Wenn wir zwischen hohen Gegenständen, zwischen nahe liegenden hohen Häusern uns befinden, so daſs unser Gesichtskreis sich vom Zenith nur 50 oder 60 Grade weit erstreckt, so kommt uns das Himmelsgewölbe so vor, als ob es nicht gar weit hinter jenen Gegenständen sich zur Erde herab krümme. Dagegen, wenn wir uns auf einem ausgedehnten freien Raum befinden, wo wir Meilen weit Gegenstände um uns sehen, überzeugt uns der Anblick, daſs das Himmelsgewölbe alle jene Gegenstände umfaſst, und also weithin ausgedehnt ist, während wir geneigt sind, seine Höhe für viel beschränkter, als diese horizontale Ausdehnung zu halten. Offenbar giebt uns hier der bloſse sinnliche Eindruck gar kein Mittel, die Entfernung zu beurtheilen, und es ist ja bei heiterm Himmel überhaupt kein Gegenstand in bestimmter Entfernung da, dessen Entfernung wir abschätzen könnten; wir tragen also die Schätzung der Entfernung gar nicht nach optischen Regeln in das, was sich unserm Auge darbietet, hin-

1 V. Göthe zur Naturwissenschaft. 1. Heft. S. 16. 32.

2 Brewster on new philos. Instruments. p. 350.

ein, und lassen uns dabei nur durch die uns diesseits des Him-
melsgewölbes sichtbaren Gegenstände einigermaſsen leiten, so
daſs wir es für viel näher halten da, wo sich keine oder nur
wenig entfernte Gegenstände zeigen. Ob das Urtheil aller Men-
schen hierin so einstimmig ist, daſs sie das Verhältniſs der Höhe
und der horizontalen Ausdehnung unter gleichen Umständen
leich schätzen, ist wohl nie genau untersucht, aber in der
Hauptsache sind alle einig, allen scheint der Himmel bei freier
ussicht keine Halbkugel, sondern ein sehr viel flacheres Gewölbe
larzustellen. Um die Gestalt zu bestimmen, welche unser Ur-
heil dem Himmelsgewölbe beilegt, hat Smith[1] einige Beobach-
ingen angestellt. Er fand, daſs wir den Bogen vom Zenith
is zur Sonne allemal für kleiner, als den von der Sonne bis
um Horizonte halten, wenn die Sonne nur 30 Grade hoch steht,
nd daſs man eine Höhe von 23 Graden els diejenige ansehen
nn, wobei jene beiden Bogen als gleich geschätzt wer-
en. An diese Beobachtung knüpft Smith die Frage, wie groſs
ie um den Mittelpunct der Erde beschriebene Kugel seyn
üsse, damit ein Bogen ihres gröſsten Kreises so erscheine, daſs
r Beobachter e auf der Oberfläche der Erde den Bogen a n un- Fig.
r dem Winkel = 23°, den eben so groſsen Bogen b n unter 82.
m Winkel von 67° sehe. Es sey bn = na = A, so ist

$$ef = r\,(\text{Cos. } A - \text{Cos. } 2A),\quad nf = r\,\text{Sin. } A,$$

$$\text{also Tang. } neb = \text{Tang. } 67^\circ = \frac{\text{Sin. } A}{\text{Cos. } A - \text{Cos. } 2A}$$

$$\text{das ist Tang. } 67^\circ.\ (\text{Cos } A - \text{Cos.}^2 A + \text{Sin.}^2 A) = \text{Sin. } A$$

$$\text{oder Tang. } 67^\circ.\ \{1 + \text{Cos. } A - 2\,\text{Cos.}^2 A\} = \text{Sin. } A$$

$$\text{Tang. } 67^\circ.\ \{1 - \text{Cos. } A\}\ \{1 + 2\,\text{Cos. } A\} = \text{Sin. } A$$

$$\text{Tang.}^2\, 67^\circ\ (1 - \text{Cos. } A)\ (1 + 2\,\text{Cos. } A)^2 = 1 + \text{Cos. } A.$$

müſste also Cos. A aus der cubischen Gleichung

$$\text{Cos.}^3 A - \tfrac{3}{4}\,\text{Cos. } A + \tfrac{1}{4}\,\text{Cotang.}^2\, 67^\circ.\ \text{Cos. } A = \text{Cotang.}^2\, 67^\circ + \tfrac{1}{4},$$

$$\text{Cos.}^3 A - 0{,}7049553.\ \text{Cos. } A = 0{,}2049553$$ gesucht werden.
ese Gleichung giebt Cos. A = 0,9585, also A = 16° 34′,
d den ganzen Bogen = 33° 8′.

Hierbei ist vorausgesetzt, daſs das Himmelsgewölbe sich
s als Kugelabschnitt zeige; ob das der Fall ist, könnte man
üfen, wenn man verschiedene Bogen eines Verticalkreises mit
nander vergliche, und zum Beispiel den Augenblick wahr-

1 Vollst. Lehrbegr. d. Optik, bearb. v. Kästner. S. 56. 416.

nähme, wenn zwei am Horizonte stehende Sterne unserm Auge eben so weit von einander schienen, als zwei nahe am Zenith stehende; indeſs müſste man ziemlich viele solche Beobachtungen anstellen, um ein brauchbares Mittel zu erhalten. Nimmt man aber den Durchschnitt des Himmelsgewölbes für einen Kreisbogen an, so kann man jetzt die Abstände ae, ne, be und jeden andern berechnen, und findet für die Höhe $= 0$; ea $= 3{,}3 \times$ be, für die Höhe $= 15°$; en $= 2{,}2 \times$ be, so daſs der Mond am Horizonte, weil wir ihn $3\frac{1}{3}$ mal so entfernt als im Zenith schätzen, uns auch $3\frac{1}{3}$mal so groſs im Durchmesser vorkommen muſs.

Da wir den Mond im Horizonte nicht immer gleich groſs schätzen, sondern ihn vorzüglich dann sehr groſs zu sehen meinen, wenn er bei noch starker Dämmerung und hinter dünnen Wolken aufgeht, so muſs uns ohne Zweifel zu solchen Zeiten auch das Himmelsgewölbe flacher, einem gröſsern Kreisbogen entsprechend, scheinen, als zu anderer Zeit.

Auch die Erscheinung anderer Phänomene am Himmel erleidet, vermöge dieses unrichtigen Urtheils, eine Modification. Steht der Mond 23 Grade hoch und ist von einem Ringe von 22 Grade Halbmesser umgeben, so reicht dessen unteres Ende bis an den Horizont, und da wir des Mondes Abstand vom Zenith nicht viel gröſser schätzen, als sein Abstand vom Horizonte, so müssen wir die obere Hälfte des Ringes für viel weniger ausgedehnt, als die untere halten[1]. Etwas Aehnliches muſs für die Breite des Regenbogens in seinem obern und untern Theile, für die Abstände beider Regenbogen von einander u. s. w. gelten.

Zur Geschichte dieser Untersuchungen führe ich nur kurz Folgendes an. Daſs Ptolemaeus in seiner Optik etwas hiervon sage, scheint ungegründet zu seyn[2], obgleich Roger Baco dieses[3] behauptet hatte. Ptolemaeus und Strabo[4] haben das Gröſserscheinen des Mondes vielmehr der Strahlenbrechung zugeschrieben — auch die auf dem Boden des Wassers gesehene Gegenstände erschienen gröſser. — Alhazen hat schon die

---

1 Vergl. Newton's Beob. Optice. am Ende des 2ten Buchs.

2 G. XL. 373.

3 Perspect. p. 113. ed. Combach.

4 *Μεγ. Συνταξις* I. 3. Strab. Geogr. III. 95.

ge Erklärung, der auch Hobbes und Gassendi beitraten. r denen, welche diese Meinung bestritten haben, nennt stley vorzüglich Gouye und Molineux[1], und Mairan : Regis[2], der von Malebranche[3] widerlegt wurde. Ma- anche nämlich erklärte dieses jugement naturel, nach iem das Himmelsgewölbe uns am Horizonte entfernter nt, aus der Menge der Gegenstände, die wir dort zwischen ind den Grenzen des Horizonts gewahr werden.

Manche Schriftsteller haben die anscheinende Gröſse des des am Horizonte aus seinem wegen der Dünste matteren te erklärt[4], aber gewiſs ist der vorhin angeführte Grund der ichung der richtigere. Daſs die Schwächung des Lichtes h die Dünste noch mehr beitrage, jenes unrichtige Urtheil estärken, läſst sich wohl nicht leugnen, denn darauf scheint Theil die Ungleichheit unserer Schätzung zu beruhen, in- wir ja manchmal bemerken, der Mond erscheine beim Auf- ;e ganz ungewöhnlich groſs. Unter denjenigen, welche für eben die oben angegebne Ursache der Täuschung er- en, muſs ich doch noch Mairan besonders anführen, weil n die allgemeine Frage, wie uns der durch ein brechendes lium gesehene Boden eines Gefäſses erscheine, auch die Be- ımung knüpfte, wie nach dioptrischen Gründen ein halbku- förmiger Himmel durch die das Licht brechende Luft uns er- einen müsse. Er fand aber, daſs die daraus entstehende Ab- ichung von der Kugelgestalt ganz unbedeutend sey[5], und ıt dann Malebranche's und Smith's Erklärung als die ıtige an[6]. *B.*

---

1 Geschichte der Optik. S. 504. Mém. de Paris pour 1700, und l. Transact. pr. 187.

2 Mém. de Paris pour 1740. p. 50.

3 Recherche de la vérité. L. I. cap. 7. und Journ. des Savans 4. p. 83.

4 Euler Briefe an einen deutschen Prinz. 3 Th.

5 Mém. de Paris. 1740. p. 47.

6 Klügel macht in seiner Uebersetzung von Priestley's Geschichte r Optik S. 510. die Bemerkung, der Mond erscheine bei andern ındphasen am Horizonte nicht gröſser. Dabei müſste man wohl lgendes überlegen. Wenn der Mond voll ist, geht er gerade zu ıer Zeit auf und unter, wo man die Gegenstände noch deutlich er- ınnt und also eine Veranlassung findet, dem Monde in Gedanken

Himmelskugel.

Künstliche; *Globus coelestis artificialis*; Globe céleste; *Artificial Globe.* Eine Kugel, auf welcher die Gestirne in ihrer richtigen gegenseitigen Lage aufgetragen und die Kreise gezogen sind, deren wir uns zur Bestimmung der Lage derselben bedienen. Durch ihre angemessene Befestigung in einem Gestelle, worin sie sich um ihre Axe drehen läſst, dient sie, um die Erscheinungen der täglichen Bewegung nachzuahmen, und das zu versinnlichen, was wir in Beziehung auf die Erscheinungen am Himmel berechnen oder wahrnehmen können.

Da wir durch den bloſsen Anblick gar nicht über den ungleichen Abstand der verschiedenen Gestirne belehrt werden, so referiren wir sie alle auf eine Kugelfläche, und obgleich eine eigenthümliche Täuschung unsers Urtheils uns die Gestirne am Horizonte etwas anders als am Zenith zeigt[1], so finden wir doch darin keinen Grund, von der Vorstellung, als wären alle Sterne auf einer Kugelfläche, abzugehen.

Einrichtung der künstlichen Himmelskugel.

Da die wichtigsten Puncte und Kreise, deren wir an der Himmelskugel bedürfen, um die Lage der Sterne genau anzugeben, auf der künstlichen Kugel gezeichnet werden müssen, so nimmt man zuerst zwei Puncte, auf demselben Durchmesser liegend, an, welche die *Pole des Aequators* vorstellen, P und S.

---

eine gröſsere Entfernung beizulegen; geht er dagegen, in völlig finsterer Nacht unter, so erinnere ich mich allerdings, ihn wohl für gröſser als bei hoher Stellung, aber minder groſs, als beim Vollmonde gehalten zu haben. Geht er bei Tage auf, so sollte er uns groſs vorkommen; ich besinne mich aber nicht, ihn am Tage so kurz nach seinem Aufgange, oder vor seinem Untergange gesehen zu haben; indeſs ist es gewiſs, daſs wir auch den in der Dämmerung nahe am Horizonte stehenden Neumond für sehr groſs ansehen. Zur Literatur gehört noch Gassendi's mit unerträglicher Weitläuftigkeit geschriebene Abhandlung de apparente magnitudine solis humilis et sublimis. Opera Tom. III. Vergl. Art. *Gesicht.* Th. IV. S. 1452.

1 S. Art. *Himmel.*

m diese Pole als Mittelpuncte werden die unter sich parallelen
gekreise, und der gröſste Kreis, AQ, welcher *den Aequator* Fig. 83.
stellt, gezeichnet. Dieser ist in jedem seiner Puncte 90°
n den Polen entfernt, und theilt den Himmel in die *nördliche*
d *südliche* Halbkugel. Ferner zeichnet man die durch beide
le gehenden gröſsesten Kreise, zum Beispiel ZPQNSAZ,
lche *Meridiane* oder *Mittagskreise* heiſsen. Indem man die
n Aequator parallelen Kreise so zeichnet, daſs sie auf diesen
ridianen allemal 10 Grade zwischen sich abschneiden, und
em man durch jeden zehnten Grad des Aequators einen Me-
an zeichnet, theilt man die ganze Kugel in einzelne Felder,
welche die Sterne sich dann leicht nach ihrer geraden Auf-
gung und Abweichung eintragen lassen. Die Wichtigkeit,
che der Ort der Sonne für uns hat, giebt die Veranlassung,
ı die Sonnenbahn, *die Ekliptik*, aufzuzeichnen, und dieses
besten, ehe noch die Sterne eingetragen sind, weil erst der
Durchschnittspunct der Ekliptik mit dem Aequator, der
ct der *Frühlings-Nachtgleiche*, den Anfangspunct der ge-
n Aufsteigung angiebt. Um die Ekliptik aufzutragen, nimmt
von dem in seine einzelnen Grade getheilten Aequator 23½
l, oder wenn die Gröſse der Kugel Minuten abzunehmen
ıbt, 23° 28′, und trägt diese auf irgend einem Meridiane
einen Pole an auf, zeichnet um diesen neuen Pol, welcher
einen *Pol der Ekliptik* vorstellt, einen gröſsten Kreis der
el, welcher *die Ekliptik* ist, die den Aequator unter einem
kel von 23° 28′ schneidet. Jenem Pole gerade gegen über
man den andern Pol der Ekliptik auf. Man zeichnet ferner
den Pol des Aequators einen durch den Pol der Ekliptik ge-
en Kreis, denjenigen Kreis, welcher auf der Erde der *Po-
reis* heiſst, und um eben den Pol des Aequators einen 23°
vom Aequator entfernten Kreis, welcher den *Wendekreis*
ellt. Eben solche Kreise zeichnet man auch um den an-
Pol des Aequators; GF, KI, stellen die Wendekreise
ED, TL, die Polarkreise. Die Sterne werden dann nach
ı geraden Aufsteigungen und Abweichungen aufgetragen,
ei zu bemerken ist, daſs wegen des Vorrückens der Nacht-
hen diese Aufzeichnungen nur einem bestimmten Zeitpuncte
prechend seyn kann, und nach dem Laufe *vieler* Jahre die
melskugel nicht mehr mit dem Himmel übereinstimmt.

Damit man nun die Erscheinungen der täglichen Bewegung

nachahmen, und so nachahmen könne, wie es den verschiedenen Orten auf der Erde angemessen ist, dient die Einrichtung des Gestelles, dessen Haupttheile sich so übersehen lassen. In einem messingenen Ringe, APQSA, welcher der *Meridian* heiſst, wird die Kugel an den Polen des Aequators durch zwei Stifte festgehalten, so daſs sie sich um eine durch beide Pole gezogene Axe drehen kann. Dieser feste Meridian ist in seine 360 Grade getheilt und zwar so, daſs bei A und Q Null steht, bei P und S dagegen 90 Grade.

Dieser messingene Ring ruht in den einander gerade gegenüberstehenden Einschnitten des von vier Säulen unterstützten horizontalen Kreises HOR, welcher den *Horizont* vorstellt. Indem nämlich die Kugel mit ihrem Meridianringe in diesem Horizonte ruht, befindet sich die eine Hälfte der Himmelskugel über dem Horizonte, die andere unter dem Horizonte, und wenn man die Kugel um ihre Axe dreht, so gehen einige Sterne auf, während andre untergehen. Der Horizont pflegt eine hinreichend breite Fläche darzubieten, um nicht bloſs eine Eintheilung nach Graden und nach den Weltgegenden aufzutragen, sondern noch einen Kalender, die Länge der Sonne für jeden Tag und dergleichen aufzuzeichnen.

Damit nun die Kugel gerade diejenigen Sterne über dem Horizonte zeige, welche an einem bestimmten Orte über dem Horizonte erscheinen, giebt man dem festen Meridiane diejenige Stellung auf dem Horizonte, oder rückt ihn in seinen Einschnitten so herum, daſs der eine Pol, der Nordpol, wenn jener bestimmte Ort sich auf der nördlichen Halbkugel der Erde befindet, so hoch über dem Horizonte liegt, als es die Polhöhe des Ortes fordert. Da die Himmelsgegenden auf dem Horizonte bemerkt sind, so muſs man den Nordpol um so viele Grade über den Nordpunct des Horizontes erheben, als es die nördliche Polhöhe des Ortes fordert. Ich will in der Folge immer annehmen, der Beobachtungsort liege auf der nördlichen Halbkugel, indem sich die Anordnung für südliche Orte dann von selbst ergiebt. Hat man die Kugel so gestellt, so sieht man bei ihrer Drehung, welche Sterne durch das Zenith des Ortes gehen; man sieht für jeden einzelnen Stern, ob er für diesen Ort aufgeht oder immer unter dem Horizonte bleibt, oder ob er zu denen gehört, die nie untergehen und ihren ganzen scheinbaren Kreislauf über dem Horizonte vollenden; man sieht, welche Höhe

ler Stern im Meridian erreicht, in welchem Puncte des Hori- ntes er aufgeht und untergeht. Damit man auch die Zeit sei- s Verweilens über dem Horizonte, und die Zeitpuncte, wo gewisse Stellungen erreicht, bestimmen könne, dient die bei ngebrachte in 24 Stunden getheilte Scheibe mn, über wel- r ein mit der Kugel sich drehender Zeiger sich fortbewegt. befindet sich nämlich in P, als Verlängerung der Drehungs- , ein runder Stift, auf welchem der Zeiger mit erheblicher bung, jedoch so daſs man ihn mit der Hand herumschieben n, während die Kugel ruhet, festsitzt. Wird also die Ku- gedrehet, so macht dieser gegen die Kugel in unveränderli- Stellung verharrende Zeiger die Drehung mit, und durch- t die Abtheilungen der Scheibe mn so wie ein Uhrzeiger. gt man einen Stern unter den festen Meridian und schiebt Zeiger auf 12 Uhr, dreht aber dann die Kugel zum Beispiel nge, bis der Zeiger auf 1 Uhr steht, so hat man die Stellung Sternes, wie sie 1 Stunde Sternzeit nach seiner Culmination Man pflegt einen beweglichen Gradbogen von 90 Graden ge an der Himmelskugel zu haben, der an jedem Puncte des n Meridians angeschraubt werden kann; befestiget man die- mit seinem Ende im höchsten Puncte der Kugel, welcher das Zenith des Beobachters vorstellt, legt ihn an den Stern er eben angegebenen Stellung, wie sie eine Stunde nach Culmination ist, so kann man auf dem Gradbogen seinen nd vom Zenith ablesen, und sein Azimuth bestimmen, in- man auf dem Horizonte ablieset, wie weit vom Südpuncte radbogen den Horizont trifft.

Die künstliche Erdkugel ist völlig ebenso eingerichtet aufgehängt, nur daſs auf ihr die Länder, Meere, Inseln, , Ströme aufgezeichnet sind. Auf ihr begrenzen die bei- Wendekreise die heiſse Zone, die beiden Polarkreise die n Zonen; die Ekliptik aber braucht auf der Erdkugel gar aufgetragen zu werden.

Wie man diese Kugeln verfertigt, gehört nicht hierher; da aber sehr gewöhnlich die auf den Globus aufzutragende nung auf ebene Flächen aufzutragen, und in einzelnen en zum Aufkleben einzurichten pflegt, so muſs ich doch der Zeichnung dieser Sectoren der Kugelfläche noch einige te sagen. Da kein Theil der Kugelfläche sich in eine Ebene

ausbreiten läſst, so ist die Forderung, Sectoren von der Form
Fig. 84. ABCD, zu zeichnen, die sich auf die Kugel auflegen lassen, nicht ganz genau zu erfüllen; man rechnet aber darauf, daſs die in der Ebene ungleich langen Linien ABC und AC durch einige Dehnung auf der Kugelfläche eine gleiche Länge erhalten werden, wenn nur die Breite BD nicht zu erheblich ist. Man bestimmt daher nach Maſsgabe der Gröſse der Kugel, wie viele solche Streifen man aufkleben muſs; bei kleineren Kugeln kann die Breite BD 30 Grade $= \frac{1}{6}$ AC betragen, bei gröſsern Kugeln von 2 Fuſs Durchmesser dürfen es nur 18 Grade seyn, oder BD $= \frac{1}{10}$ AC und so ferner. Für den letzteren Fall würde man die Regeln zur Zeichnung der Streifen so angeben können. Man berechnet aus dem gegebenen Halbmesser der Kugel = r den halben Umfang $= r\pi$, und da ABC $= r\pi$ werden soll, OB aber $= \frac{1}{20} r\pi$, so muſs man auf BD den Mittelpunct E des Kreisbogens ABC so nehmen, daſs sich der Bogen AB zu seinem Quersinus BO verhalte, wie $1 : \frac{1}{10}$, und dieses findet statt, wenn $AEB = 11\frac{1}{2}°$, also $AE = BE = \frac{r\pi}{2 \cdot 0{,}201} = r.\ 7{,}815$ ist. Mit diesem Radius werden die beiden Kreisbogen ABC, ADC gezeichnet, deren Länge $= r\pi$ wird, während die gerade Linie AC $= 3{,}116 . r$ etwas kürzer ist. Die Parallelkreise werden aus Bogen dfg zusammengesetzt, deren Radius man der Cotangente der geographischen Breite proportional nimmt. Die Vorsichten, die wegen der nicht bei jedem Papiere gleichen Zusammenziehung nach dem Abdruck, nöthig sind, muſs ich ganz übergehen[1].

Gebrauch der künstlichen Himmels- und Erdkugel.

Die Aufgaben, die sich an der künstlichen Erdkugel auflösen lassen, sind mannigfaltig, und noch mehrere bieten sich bei

---

1 Pieter Smit wird als der erste angegeben, der in s. Cosmographia, of Verdeelinge van de geheele Wereld. Amsterd. 1720. die Gründe für diese Zeichnung angegeben hat. Doppelmayr in der Eröffnung der Bion'schen mathem. Werkschule 1721. Kästner de fasciis globis obducendis, in den Comm. soc. Gotting. 1778 und Lowitz in den Comment. soc. Gott. antiqu. Tom I. ad annum 1778. haben von diesen Regeln umständlicher gehandelt.

melskugel dar. Ich will nur einige der erheblichsten ähnen.

In Beziehung auf die Erdkugel.

den Abstand zweier Orte von einander zu meſsen und itung, nach welcher hin man vom einen zum andern ıuſs, zu bestimmen, stellt man die Kugel auf die Pol- s einen Ortes und bringt diesen unter den festen Meri- den höchsten Punct der Kugel. Man befestigt hier den chen Gradbogen, legt ihn so, daſs er an dem andern iegt, und sieht nun erstlich, wie viele Grade und Theile ıden zwischen beiden Orten enthalten sind, woraus sich fernung in Meilen leicht ergiebt; zweitens bemerkt man nct des Horizonts, wo der so gelegte Gradbogen ein- et, und wenn dieser zum Beispiel genau Süd-Süd-Ost o wäre dieses die Richtung, nach welcher man vom er- te zum zweiten reisen muſs.

ın will wissen, wie viel Uhr es in Calcutta ist, wenn es lon 3 Uhr ist. Um dieses an der Stundenscheibe abzu- bringt man Calcutta unter den Meridian und stellt den nzeiger auf 3 Uhr, man dreht dann die Kugel so fort, ach und nach die westlichern Orte unter den Meridian en, und zwar so lange, bis London im Meridian ist, dann der Uhrzeiger an, wie viel Uhr in Calcutta mit 3 Uhr in n einerlei ist; denn da der Stundenzeiger um so viele en fortgeht, als dem Längen-Unterschiede gemäſs ist, so lcutta nun eine so viel spätere Zeit. Will man auf der gel die Antipoden eines Ortes suchen, so muſs man den ehmen, welcher während der eine Ort unter dem festen ian ist, gleichfalls unter demselben an der andern Seite befindet, und zwar so tief unter dem Horizonte, als jener demselben. Will man die Nebenwohner des Ortes finden, llt man am besten die Kugel so, daſs der Aequator mit Horizonte zusammen fällt, bringt den ersten Ort unter den n Meridian, und sucht auf der andern Seite des Meridians Ort auf, welcher eben so hoch über dem Horizonte steht. Gegenwohner endlich findet man, wenn man bei eben der ung der Kugel den Punct sucht, welcher auf *einerlei* Seite eich mit unter dem festen Meridiane steht, und sich eben so unter dem Horizonte befindet als jener Ort über demselben ist.

2. In Beziehung auf die Himmelskuge

Schon oben ist gelegentlich erwähnt, daſs man den Hi melsglobus auf die Polhöhe des Ortes stellen muſs, für welch man die Erscheinungen darstellen will; die zu beantwortend Fragen sind dann ungefähr von folgender Art.

Wie lange Zeit verflieſst zwischen dem Durchgange zwe gegebener Sterne durch den Meridian? Man stellt den Uhrz ger auf 12 indem der eine unter dem Meridiane ist, und dr die Kugel bis der andre zum Meridiane kommt; die Zahl Stunden auf dem Kreise der Stundenscheibe giebt den Zeit-U terschied.

Man will wissen, in welchem Puncte des Horizontes Stern aufgeht und wie lange er über dem Horizonte bleibt. U dies zu wissen, bringt man den Stern in den Meridian und d Uhrzeiger auf 12; man bringt den Stern nun bis zum Horizo und sieht, um wie viele Stunden der Zeiger fortgerückt ist, w durch man sogleich die halbe Zeit seines Verweilens über d Horizonte erhält; der Punct des Horizontes, wo der Stern d sen erreicht, giebt zugleich die Himmelsgegend seines Unte gangs oder Aufgangs an.

Will man die Tageslänge und den Aufgangs- oder Unte gangspunct der Sonne finden, so muſs man aufsuchen, welch ihre *Länge* in der Ekliptik an diesem Tage ist, dieser Pun den man in der auf der Himmelskugel gezeichneten Eklipt leicht findet, wird dann ebenso behandelt, wie es so eben Beziehung auf einen Stern angegeben ist.

Will man zu irgend einer Stunde der Nacht die Gestirne der Himmelskugel in derjenigen Stellung gegen den Horizo sehen, wie sie dann wirklich stehen, so muſs man zuerst wie der die Kugel auf die Polhöhe des Ortes stellen, dann aber, unsre Uhren nach Sonnenzeit gehen, den Ort der Sonne f diesen Tag in der Ekliptik aufsuchen. Diesen Punct, in wel chem die Sonne sich an dem Tage gerade befindet, bringt ma oberhalb des Horizontes unter den festen Meridian und stellt de Uhrzeiger auf 12; die so gefundene Stellung der Kugel zeig dann die Lage der Gestirne gegen den Horizont um den Mitta des Beobachtungstags, und man muſs nun die Kugel soviel nac Westen fortdrehen, bis der Zeiger die verlangte Abendstund angiebt, dann hat man die Stellung der Gestirne zu dieser Abend-

nd kann mit Hülfe der Himmelskugel sich leicht am orientiren. Will man einen Planeten am Himmel auf- so muſs man aus irgend einem astronomischen Kalender desselben für diesen Tag bestimmen, und auf der ıſsuchen, wo man dann leicht übersieht, zu welcher ıan ihn bequem auffinden kann.

ıche Aufgaben sind von der Art, daſs sie eine sorgfältige ɜrechnung nicht gerade verdienen, und diese löst man m mit Hülfe der Himmelskugel auf. Dahin gehört die ıch den bei den Dichtern vorkommenden Aufgängen und ngen der Gestirne. Aber wenn man die Frage, wann en Aegyptiern akronyktisch oder kosmisch aufging[1], be- en will, so reicht es nicht zu, die Kugel auf die Pol- ıer Gegend zu stellen, sondern man müſste auch die Um- spole der Kugel selbst so wählen, wie es für jene Zei- emessen war[2].

e Zeit, da die Dämmerung an irgend einem Tage sich , findet man, wenn man einen mit dem Horizonte pa- Kreis, 18 Grade unterhalb entfernt von demselben an- und bei richtiger Stellung der Kugel nach der Polhöhe es, an der Stundenscheibe bestimmt, zu welcher Zeit nct, wo die Sonne sich an dem gegebenen Tage befindet, Tiefe unter dem Horizonte erreicht.

nter den zahlreichen Werken, welche Anleitung zu sol- Anwendungen der Himmelskugel geben, zeichnete sich las von Scheibel[3] aus, und noch immer ist es ein brauch- Buch. Eine ähnliche Anleitung geben Voigt[4] und Prän- Das Nöthigste findet man indeſs auch in den die ganze omie oder mathematische Geographie umfassenden popu- Schriften.

S. Art. *Aufgang*.

Cassini (Mém. de Paris. 1708. hist. 93.) hat Vorschläge dazu , und einen so eingerichteten Globus besessen. Aehnliche Ein- gen sind auch angegeben: Phil. Tr. for 1738. Vol. XL. p. 201.

Vollständiger Unterricht vom Gebrauche der künstl. Himmels- rd-Kugel. Breslau 1785. 8.

Kosmographische Entwickelung der vornehmsten Begriffe und nisse, welche bei der zweckmäſsigen Benutzung der künstlichen els- und Erd-Kugel erforderlich sind. Weim. 1810.

Erdglobuslehre. Amberg 1809.

Historische Notizen.

Die Modelle der Himmelskugel bei den Alten, von w chen Fabricius redet[1], sind nach Gehler's Meinung gröſst theils Armillarsphären gewesen. Gassendi giebt an, daſs E doxus von Knidus 190 Jahre vor Christo die Sternbilder na Aratus auf eine Sternkugel aufgetragen habe. Für Erdkug giebt Ptolemaeus Regeln an[2]. Aus den Zeiten der Ara sind einige Himmelskugeln auf unsre Zeiten gekommen[3], die 13. Jahrhundert verfertigt seyn müssen. In den spätern Zei haben Regiomontanus, Schoner, Hartmann und An Himmelskugeln verfertigt; Behaim hat, (nach Doppelmay Erzählung[4] gegen das Ende des 15. Jahrh. künstliche Erdkug verfertiget. Im 16. Jahrh. zeichnete sich Fracastori in Itali Gemma Frisius, Gerh. Mercator und Jodocus Ho durch Verfertigung künstlicher Erdkugeln aus, und Tycho Brahe brachte 1583 eine messingne Himmelskugel von 6 F Durchmesser zu Stande. Wilh. Janson und Joh. Jas Blaeu oder Caesius in Amsterdam waren in ähnlicher Hinsi im 17. Jahrh. berühmt. Eine Erdkugel von 7 Fuſs Durchm ser von Wilh. Blaeu's Erben soll noch in der Kunstkam in Petersburg aufbewahrt werden. Andreas Busch aus L burg erbaute (1656 bis 1664) für den Herzog Friedrich Holstein eine Kugel von 11 Fuſs Durchmesser; sie stellte innen den Himmel, von auſsen die Erde vor, und hatte in an der Axe einen Tisch, auſsen am Horizonte eine Gall Sie soll gleichfalls in Petersburg aufbewahrt werden. Von E Weigel's Kugeln[5] soll eine, worin 30 Personen Raum hat sich noch in Copenhagen befinden.

Im Anfange des 18. Jahrh. zeichnete Vincenz Coron sich durch Arbeiten dieser Art aus, und verfertigte für Lod

---

1 Biblioth. graeca L. IV. cap. 14. p. 455; auch p. 95.

2 Ptol. Geogr. I. c. 22.

3 Beigel's Nachricht von einer arabischen Himmelskugel mit fischer Schrift. im Berl. Jahrbuch. 1808. S. 97. und Assemanni glo caelestis cufico-arabicus Musei Borgiani illustratus. Patavii 1790.

4 Nachricht von Nürnbergischen Mathematicis und Künstle Nürnb. 1750. S. 1.

5 Beschreibung der verbesserten Himmels - und Erdglob Jena 1681.

[V. zwei Kugeln von 13 Fuſs Durchmesser. Gerh. Valk, l'Isle, Moll, und in Deutschland Ludwig Andreae in nberg, die Homann'sche Officin, Endersch in Preussen ferten viele Globen. Später 1752 hat noch Rob. de Vaugon- eine 6 füſsige Kugel geliefert, und die kosmogr. Gesellsch. Upsala, Adams in London, La Lande in Paris sich damit chäftigt[1]; so auch Bode in Berlin und Klinger in Nürnberg, chem Franz in Nürnberg folgte. Die von Riedig in Leip- bis zu 15 Par. Zoll Durchmesser verfertigten Himmels- und kugeln (ehemals bei Schreiber's Erben in Leipzig, jetzt ropp in Berlin) gehören zu den Vorzüglichen, aber auch vom Industrie-Comptoir in Weimar sind gut.

Einige Vorschläge, wie man die Globen so einrichten solle, sie für alle Zeiten angemessen gestellt werden können, ha- ch oben erwähnt. Von Bertier's Globen, die als Sonnen- en dienten, um die Zeit anzugeben, wenn sie auf die rich- Polhöhe gestellt waren, findet sich in den Pariser Memoiren eine sehr kurze Beschreibung[2]. *B.*

Hodometer.

Wegmesser; Schrittzähler; *Perambula-* *Viatorium*; Hodomètre; *Hodometer*, *Pedo-* *er*, *Perambulator*; bezeichnet diejenigen Werkzeuge, ittelst deren man die Länge eines zurückgelegten Weges bei wirklichen Vermessungen die Entfernung gewisser te von einander zu bestimmen suchte. Die Idee ist sehr denn schon Vitruv[3] beschreibt einen solchen für Wagen Schiffe bestimmten Apparat, und Julius Capitolinus[4] t gleichfalls darauf hin. Im Jahre 1550 bediente sich Joh. el, Leibarzt der Königin Katharina von Medicis eines meters bei seiner bekannten Gradmessung zwischen Paris Amiens, welcher aus einer Vorrichtung bestand, daſs ein mer bei jeder Umdrehung des Rades an eine Glocke im Wa-

1 Ich bin hier fast ganz Gehler's Angabe gefolgt.

2 Mem. de Paris pour 1770. hist. p. 117.

3 De Architectura L. X. c. 14.

4 Beckmann Beiträge zur Gesch. d. Erf. I. 16.

gen anschlug. Einen andern soll Kaiser Rudolph II. um 158 erfunden haben, und Levin Hulsius beschreibt einen gleichze tig durch Paul Pfinzing, Rathsherrn in Nürnberg erfundene welcher noch jetzt in der Kunstkammer zu Dresden befindlic seyn soll[1]. Ebendaselbst findet man den Wegmesser, desse sich Kurfürst August von Sachsen um jene Zeit bedient Sauveur[2], Meynier[3], Outhier[4], Boistissandeau[5] un Zürner werden gleichfalls als Erfinder oder Verbesserer dies Werkzeuge genannt, und letzterer bediente sich einer solch Maschine bei der sächsischen Landesvermessung[6]. Auch i England wurden durch Edgeworth[7], Tugwell[8], Gout und andere Apparate dieser Art erfunden oder verbessert In Deutschland wurde hauptsächlich derjenige Wegmess bekannt, dessen sich Nicolai auf seinen Reisen bediente, ein Erfindung des Kaufmanns Catel in Berlin[11], noch mehr ab und allgemeiner der durch Hohlfeld erfundene, welchen J. de Lüc auf seinen Reisen mit sich führte[12], und mit welche man schon zu Brander's Zeiten, so wie auch später bei d entworfenen sächsisch-preuſsischen Gradmessung vorläufig d Standlinien auszumessen pflegte. Ganz neuerdings hat dersel eine eben so sinnreiche als wesentliche Verbesserung erhalte Bloſs diese verdienen hier eine Beschreibung, weil sie in d Naturlehre als Anwendungen der Gesetze des Schwerpunctes g nannt zu werden pflegen.

Hohlfeld's Schrittzähler zuvörderst ist ein sehr einfa aber sinnreich gebaueter Apparat. Die vier sichtbaren Zeig
Fig. 85. geben durch die auf sie gezeichneten Ziffern die Zahl der Schri

1 Kleine Chronik Nürnberg's Altorf. 1790. S. 76.

2 Bion mathem. Werkschule, verb. durch Doppelmayr. Nür 1741. S. 101.

3 Hist. de l'Acad. 1724. p. 96. Mach. et invent. approuv. IV.

4 Ebend. 1742. p. 143. Mach. et inv. app. VII. 175.

5 Hist. de l'Acad. 1744. p. 61.

6 Jablonskie allgem. Lexicon. Leipz. 1767. II. p. 1730.

7 Bailey's Mach. I. 59.

8 Repertory of Arts. VI. 249.

9 Ebend. XIII. 73.

10 Encyclop. Brit. Art. Perambulator.

11 Nicolai Reis. durch Deutschl. I. Vorr.

12 Lichtenb. verm. Schrift. VI. 161.

e gemacht sind. Mit der vorderen, 4 Z. langen und
ten messingnen Scheibe a b c d läuft eine zweite hin-
l, und beide haben zwischen sich einen Raum von
welchem die den Zeigern zugehörigen Räder und Ge-
n. Jeder Zeiger hat nämlich ein Rad mit 60 Zähnen
Getriebe mit 6 Zähnen, so daſs das Getriebe 10 mal
muſs, um das ihm zugehörige, am nächstfolgenden
estigte Rad einmal herumzudrehen, weswegen denn
ungen der folgenden Zeiger im Verhältniſs von 1:10
0 an Geschwindigkeit abnehmen. Bloſs der oberste
kein Getriebe, weil er kein folgendes Rad mehr in
setzt, der unterste Zeiger aber enthält statt des Rades
be, welche durch den Mechanismus des Gehens um-
vird, und dadurch seinen eigenen, so wie alle folgen-
, in Bewegung setzt. Der Hebelarm a b nämlich, wel- Fig. 86.
h eine Feder in der angegebenen Lage erhalten wird,
inen zwischen b und c liegenden Ruhepunct beweglich
lt einen federnden Fortsatz b c, dessen Ende c hinter
der Scheibe α; β; α'; β'.... greift. Wird dann der
a an dem Faden a f herabgezogen, so schiebt der be-
belarm b c den Zahn α vorwärts, und drehet dadurch
be so weit um ihre Axe, bis eine zweite Feder d e hin-
ahn α' faſst, und der Scheibe das Rückgehen unmög-
t. Sobald man aber den Faden a f nachläſst, drückt
enannte Feder den Hebel wieder in seine anfängliche
d das federnde Ende c zieht sich über den nächstfol-
ahn zurück, bis es hinter denselben in β eingreift. Bei
veiten Zuge schiebt dasselbe diesen Zahn gleichfalls
, bis d e den Zahn β' festhält, und wenn man daher
en Schrittzähler in seinem Futterale vermittelst eines
im Gürtel befestigt, an den Faden a f eine elastische
nüpft und deren Ende am Fuſse befestigt, so wird der
a b bei jedem Schritte herabgezogen, und die Zeiger
e Zahl der Schritte an. Die starke Feder g h am unte- Fig. 87.
he des Apparats dient dazu, den Hebel a b d jederzeit
zurück zu drücken.

Hodometer, welches Hohlfeld erfand, oder vielmehr
heren Entwürfen verbesserte, wird entweder dreieckig
sser rund gemacht, und ist nach einem Exemplare, wel-
habe verfertigen lassen, von folgender Beschaffenheit.

Das Ganze besteht aus einem Cylinder von 5 Par. Z. Durchm
ser, einen starken Ueberzug von sehr dickem Leder mitgerec
net, und 2,25 Z. Höhe. Rechnet man den Raum des Ziff
blattes mit, welcher durch einen starken Deckel von Messi
mit zwischenliegendem Leder fest zugeschroben, und auf di
Weise gegen das Eindringen des Staubes und Wassers auch
längerem Eingetauchtseyn in letzteres völlig gesichert ist,
wird der ganze Cylinder durch den Boden und das Zifferbl
nebst noch einem, beiden parallelen Bleche in drei Räume g
theilt, deren erster die Zeiger, der zweite die Räder und d
Fig. 88. dritte ein dreieckiges Bleigewicht enthält. Letzteres bildet e
nen Kreissector a b c, ist 2 bis 2,5 Lin. dick und daher beträc
lich schwer, und an einer in Zapfenlöchern leicht beweglich
Axe α festgemacht, welche am vorderen, durch das Zifferbl
gehenden Ende einen langen Zeiger trägt. Indem aber d
Schwerpunct dieses Bleigewichtes nicht weit über eine von
bis c gezogne Linie, also bedeutend unter α fällt, so muſs da
selbe allezeit herabhängen, wenn der Cylinder um seine A
gedrehet wird, und die Zeigerspitze durchläuft also bei ein
solchen ganzen Umdrehung einen ganzen Kreis auf dem Zi
ferblatte.

In der mittleren Abtheilung des Cylinders hat diese Ax
woran das Bleigewicht hängt, ein Getriebe mit 6 Zähnen,
welches ein Rad mit 60 Zähnen eingreift, dessen Axe gleichfa
durch das Zifferblatt hervorragt, und daselbst einen Zeiger trä
welcher hiernach bei 10 Umdrehungen des Cylinders um sei
Axe einen ganzen Kreis durchläuft. Dieser ist in 10 Theile ge
theilt, und jede zugehörige Zahl giebt also von 1 bis 10 d
Umdrehungen des Cylinders um seine Axe an. Nach eine
Fig. 89. gleichen Systeme sind auf dem Zifferblatte noch fünf and
Zeiger vorhanden, im Ganzen also die in der Figur gezeich
ten sieben, und die eingeschriebenen Zahlen geben den W
der Abtheilungen an, welche der Zeiger durchläuft. Ist d
das Hodometer zugeschroben und mit seinem ledernen Futte
überzogen, nachdem man alle Zeiger auf 0 gestellt hat, wir
ferner auf einer geeigneten Unterlage von Holz zwischen zw
Speichen des Wagenrades mit einem Riemen festgeschnallt,
drehet sich der am Bleigewichte befestigte Zeiger a gleichze
mit jeder Umdrehung des Wagenrades einmal um, und der ih
zunächst stehende kleinere b, dessen Rad in das Getriebe v

ingreift, rückt um $\frac{6}{60}$ oder $\frac{1}{10}$ seines Kreises weiter, er
f die Zahl 1 oder er zeigt die erste Umdrehung des Ra-
Indem auf gleiche Weise das Zählen der Radumläufe
iesen und die folgenden Zeiger fortgesetzt wird, darf
Ende des zurückgelegten Weges nur die Zahlen, über
die Zeiger b; c; d; e; f; g wirklich hinausgegangen
on der Rechten zur Linken nach der dekadischen Ordnung
eiben und mit dem Umfange des Rades in einem beque-
ıſse ausgedrückt multipliciren, um die Länge des zurück-
ı Weges in dem gewählten Maſse ausgedrückt zu erhal-
dem bei jedem Umlaufe des Rades dessen Umfang auf
ege sich hinwälzt oder gleichsam niederlegt. Dabei ver-
ich von selbst, daſs man die gehörige Aufmerksamkeit
len müsse, um zu verhüten, daſs nicht beim Schmieren
agens das Rad, wie gewöhnlich zu geschehen pflegt, et-
ale herumgeschwungen werde, weil widrigenfalls das Ho-
r auch diese Umdrehungen mit zählt.
t das Werkzeug auf die beschriebene Weise nach den an-
nen Dimensionen verfertigt, so lassen sich Standlinien
Vege, erstere für vorläufige Bestimmungen bei groſsen geo-
ıen Operationen, letztere definitiv für den Zweck des
see-Baues mit hinlänglicher Genauigkeit vermittelst des-
messen. In diesem Falle wird die zu messende Strecke
r mit einer Walze geebnet, das Hodometer aber in ein ab-
ich für diesen Zweck verfertigtes Rad gesetzt, welches ei-
benen und genau gemessenen Umfang hat, und auf einer
zwischen zwei Bäumen nach Art eines Schubkarrenrades
ıſt. Um die Bewegung dieses Rades gleichmäſsiger zu
en und nicht durch die der übrigen Räder zu stören, wie
inem gewöhnlichen Wagen unvermeidlich ist, werden dann
äume von einem Menschen gehoben, und das Rad wälzt
sanft über die geebnete Fläche hin, wobei nur hauptsäch-
auf Beibehaltung der geraden Richtung zu sehen ist. Min-
genau fällt die Messung aus, wenn man den Apparat in das
eines gewöhnlichen Wagens schnallt, inzwischen hat er
hierfür Dauerhaftigkeit genug, wenn er anders mit der er-
erlichen Sorgfalt gearbeitet ist. Zu diesem Ende und mit
ksicht auf die möglicherweise erforderlichen Reparaturen
l der hintere Deckel auf eine Unterlage von Leder mit Fett
änkt festgeschroben, nach Wegnahme desselben und Los-

machung des Bleigewichtes kann ferner das Zwischenblech zwischen der hinteren und mittleren Abtheilung weggenommen werden, um zum Räderwerke zu kommen, das Zifferblatt dagegen ist festgelöthet, und wird durch seinen Deckel auf einem den Rand bedeckenden ledernen Ringe vermittelst eines eigenen Schlüssels völlig wasserdicht verschlossen. Endlich ist der ganze Apparat auswärts mit einem fetten Firniſs zur Abhaltung des Wassers stark überzogen, und in ein Futteral von dickem Leder eingeschlossen. Die Einheit beim letzten Zeiger beträgt 100000, das Hodometer zählt demnach eine Million Umdrehungen des Rades, und wenn man den Umfang des Rades zu 15 F. annimmt, so miſst dasselbe 15 Millionen Fuſs, oder, die geographische Meile zu 22841 F. angenommen, 656 Meilen, ohne daſs man nöthig hat, auf dieser langen Strecke nur einmal nachzusehen, wenn dieses nicht aus andern Gründen wünschenswerth ist. Bei dieser Vollkommenheit des Instrumentes weiſs ich nicht, ob dasselbe durch das sogleich zu beschreibende übertroffen wird, und wenn dieses wirklich der Fall ist, so kann der Grund nur in dem dabei angewandten höchst sinnreichen Mechanismus liegen.

Wer der Erfinder des zunächst folgenden Hodometers sey, kann ich nicht angeben, erinnere mich aber sehr genau im Jahre 1825 von dem bekannten Mechaniker Lueders in Göttingen gehört zu haben, daſs Liebherr in München Wegemesser verfertige, wobei er die bekannten *hunting wheels* der Engländer in Anwendung bringe. Der näher von ihm beschriebene Mechanismus war der nämliche als bei demjenigen, dessen sich nach Dingler's Angabe[1] Colclough auf seinen Reisen bediente. Das ganze, in natürlicher Gröſse abgezeichnete Instrument
Fig. 90. besteht aus einem starken messingnen Bleche a a, an dessen oberem Rande ein hohler Cylinder b b fest verbunden ist. Durch die Höhlung von diesem geht sehr willig eine Schraube ohne Ende, welche an dem einen Ende vierkantig und mit einem Kranze versehen ist, um nicht tiefer in den Cylinder hineinzugehen, am andern aber in eine männliche Schraube endet, auf welche das Ende f mit dem ränderirten Kranze so geschroben wird, daſs sich die Schraube ohne Ende willig in dem hohlen

1 Polytechnisches Journ. XXV. 95. entlehnt aus Bulletin de la Soc. d'Encouragement. Nro. 271. p. 12.

r drehen läſst. Der Cylinder ist entweder in der Mitte n c c ganz, oder nur am unteren Theile bis in die Mitte ınitten, so daſs die Schraube ohne Ende daselbst sichtd. Auf dem starken Bleche a a sind aufliegend zwei ,roſse, um die gemeinschaftliche Axe g bewegliche Rä- in deren Zähne die Schraube ohne Ende c c eingreiſt, jeder eigenen Umdrehung um einen Zahn weiter schiebt, :lmehr gleichfalls um ihre Axe drehet. Hierbei besteht e sinnreiche Einrichtung, daſs das eine, auf der Messing- zunächst aufliegende Rad, dessen Theilung unter den m m m hervortritt, nur 99, das über demselben befind- ›er 100 Zähne hat, eine unmerkliche Differenz, welche Zähne gleichmäſsig vertheilt es nicht hindert, daſs bei- er durch die nämliche Schraube ohne Ende umgedrehet . Indem aber bei jeder Umdrehung der Schraube ohne c beide Räder um einen Zahn weiter rücken, die Zähne rdern aber mit seiner Theilung h h zusammenfallen, so er Zeiger d mit seiner herabgehenden Spitze die Zahl der ·hungen jener Schraube e unmittelbar an. Auf dem her- ıenden Rande dieses Rades befindet sich dann der kleine i, welcher bis auf die Theilung des hinteren, der Mes- ıeibe zunächst anliegenden Rades herabgeht. Nach 100 ehungen der Schraube ist dann das hintere Rad um einen zurück, und da die Theilung auf demselben der Zahl sei- ähne correspondirt, so zeigt der Zeiger i dann auf 1 der ıng, und giebt somit die Hunderte der einzelnen Umdre- n der Schraube ohne Ende an, welche der Zeiger d be- ıet; beide Zeiger zählen diesemnach zusammengenommen 100 oder 9900 Umdrehungen der Schraube. Um diese noch zu vervielfältigen, ist der nach seiner Seiten-Ansicht ders gezeichnete Zeiger k angebracht, welcher in l auf dem e des äuſseren Rades um einen Stift drehbar mit einer un- rts herabgehenden Spitze m in die spiralförmigen Win- en auf der Fläche des der Messingscheibe zunächst anlie- en, oder hinteren Rades eingreiſt. Nach 9900 Umdrehun- der Schraube ohne Ende ist dann das hintere Rad um eine e Umdrehung zurückgeblieben, der Zeiger k aber um eine dung der Spirale weiter gerückt, und zeigt auf seiner Thei- , welche auf dem hierfür eigends gebogenen Radius m′ auf- agen ist, die Zahl 1, nach abermals 9900 Umdrehungen die

Fig. 100.

Zahl 2, und hat die Spirale, wie in der Figur, 6 Windungen so geben alle drei Zeiger zuſammengenommen 6 × 9900 = 59400 Umdrehungen der Schraube ohne Ende an. Das Hodo meter wird dann, nachdem f abgeſchroben und die Schraub gelüftet iſt, um die beiden Räder frei zu bewegen und alle dre Zeiger auf 0 zu ſtellen, in dieſer letzten Anordnung wieder her gerichtet, auf eine ſolche Weiſe in eine eiſerne oder meſſinge Büchſe gebracht, daſs die beiden kantigen Enden der Schraub in den Wandungen derſelben unbeweglich feſtſitzen, währen das Hodometer ſelbſt durch ſein eigenes Gewicht oder wen dieſes nicht genügt, durch ein unten angebrachtes Bleigewic beim Umdrehen der Büchſe um deren Axe allezeit lothrec herabhängt, und ſich um die feſte Schraube umdrehet; die gan ze Büchſe wird dann zwiſchen zwei Speichen eines Wagenrade ſo geſtellt, daſs die Axe der Schraube mit der Axe des Rad parallel iſt, wonach alſo das Hodometer ſich bei jeder Umdre hung des Rades einmal um die Axe ſeiner Schraube drehet, fol lich die Umdrehungen des Rades zählt und hiernach die Läng des Weges miſst, auf welchem ſich der Umfang des Rades wi derholt hingewälzt hat.

Vergleichen wir die beiden beſchriebenen Hodometer m einander, ſo verdient das letztere wegen ſeiner groſsen Einfach heit und ſeines ſinnreichen Mechanismus entſchieden den Vo zug, auch glaube ich, daſs daſſelbe bei gleich ſorgfältiger Au führung dauerhafter ausfallen wird, als das von Hohlfeld a gegebene. Dagegen gewährt dieſes den Vortheil, daſs der Um fang ſeines Zählens über 16 mal gröſser iſt, denn es zählt b eine Million Umdrehungen, statt daſs dieſes nicht bis 6000 reicht. Die Spirale läſst ſich allerdings mehr vervielfachen, a lein ich glaube nicht, daſs ſie füglich mehr als 10 Windunge haben kann, in welchem Falle das Hodometer 99000 Umdre hungen des Rades zählen würde, und daher nur ein Zehnthe von denjenigen zu erreichen vermöchte, welche jenes zählt. Ne ben dieſem hat das Hohlfeld'ſche Hodometer noch den Vorzu daſs man von demſelben den Deckel abſchrauben kann, um d Zahlen des Zifferblattes abzuleſen und erforderlichen Falls d Zeiger wieder auf 0 zu ſtellen, ohne das ganze Inſtrument a dem Rade zu nehmen, welches bei dem zuletzt beſchrieben mindeſtens nicht ſo leicht geſchehen kann.

M.

Höhe eines Ortes.

ltitudo loci; Hauteur d'un lieu; *Height of a place.*

Die Höhe eines Punctes über einer Ebene ist die Länge des n jenem Puncte auf diese Ebene gefällten Perpendikels. Sofern wir also bei nahe liegenden Orten die Horizontalſläche als bene ansehen, denken wir uns durch den einen Ort eine solhe Ebene gelegt, um die Höhe des andern über diesem zu beimmen.

Bei weiter von einander entlegenen Puncten denken wir uns rch den einen eine Kugelſläche, deren Mittelpunct mit dem ttelpuncte der Erde zuſammenſällt, und ziehen vom andern en Radius nach dem Mittelpuncte der Erde, dessen auſserlb jener Kugelſläche liegender Theil die *Höhe des letztern über m erstern ist.* Wenn man ohne weitere Bestimmung von der öhe eines Ortes spricht, so versteht man die Höhe über der eeres-Oberſläche, oder denkt sich die Oberſläche des Meeres ein regelmäſsiges Sphäroid, bis dahin fortgesetzt, wo der rt sich befindet, dessen Höhe angegeben werden soll; die von iesem Puncte auf die Fläche des Sphäroids gezogene Normallinie ist dann die Höhe des Punctes.

Die Mittel zur Höhenmessung sind das Nivelliren, trigoometrische Messungen und barometrische Messungen. Da von denletztern und auch vom Nivelliren[1] besonders gehandelt wird, so will ich nur von den trigonometrischen Höhenmessungen eiige Worte sagen. Sie kommen darauf hinaus, daſs man mit inem Winkel-Instrumente die scheinbare Höhe des Punctes, en man bestimmen will, an dem Orte abmesse, von dessen Hozonte aus die Höhenangabe gerechnet werden soll. Da man en Einfluſs der Krümmung der Erde mit vollkommener Genaukeit in Rechnung bringen kann, so können hier nur aus zwei mständen Fehler hervorgehen; aus Unrichtigkeit der Beobachng und aus unrichtiger Berechnung der Strahlenbrechung. Bei r groſsen Genauigkeit unserer Wasserwaagen und unserer geeilten Kreise, kann die erstere Unrichtigkeit in sehr enge renzen beschränkt werden, denn da 1 Sec. Fehler in der Hönbestimmung selbst auf 100000 Fuſs Entfernung nur ½ Fuſs hler hervorbringt, so wird dieser Fehler selbst bei einer Un-

1 S. *Wasserwägen.*

sicherheit von einigen Secunden nie erheblich seyn. Desto mehr ist aber ein von der Refraction abhängender Fehler zu fürchten. Gegenstände am Horizonte ändern bei verschiedenem Zustande der Luft ihre scheinbare Höhe um mehrere Minuten, und obgleich diese Aenderung geringer ist, wenn der Beobachter sich selbst ziemlich hoch über der zwischen ihm und dem beobachteten Gegenstand liegenden Ebene befindet, so bleibt der Einfluſs des Zustandes der Luft immer noch bedeutend. Man sieht in vielen Fällen Gegenstände, die für geradlinige Lichtstrahlen hinter der Wölbung der Erde versteckt seyn sollten, und sieht zu andern Zeiten diese Gegenstände nicht u. s. w.[1]. Wenn man von beiden Puncten aus gegenseitige Messungen in gleichen Zeitmomenten machte, so würde man in jedem Falle wichtige Belehrung erhalten, und wenn man einen Zeitmoment träfe, wo der Winkel, den die Verticallinien mit einander machen, zusammen genommen mit den Winkeln, die zwischen der Gesichtslinie und den nach dem Nadir gerichteten Linien, 180° machte, so könnte man annehmen, daſs da die Lichtstrahlen geradlinig fortgegangen wären. Wegen dieser durch die Strahlenbrechung bewirkten Unsicherheit sind manchmal auch die trigonometrischen Höhenmessungen, die man sonst mit Recht als Probe für die barometrischen ansieht, fehlerhaft, und bei Gegenständen, die sehr nahe an der Oberfläche des Meeres oder einer Land-Ebene liegen, darf man sich gar nicht darauf verlassen.

B.

Höhe eines Gestirns.

Altitudo astri; Hauteur d'un astre; *apparent altitude.* Die scheinbare Höhe eines Gestirns über dem Horizonte wird durch den an der Himmelskugel gezeichneten, von dem Gestirne senkrecht auf den Horizont gezogenen Bogen abgemessen, oder sie ist gleich dem Winkel, dessen Spitze im Auge des Beobachters, dessen einer Schenkel horizontal und der andere Schenkel nach dem Gestirne zu gerichtet ist. Diese

---

1 Zu welchen seltsamen Schlüssen Höhenbestimmungen, bei denen auf die ungleiche Strahlenbrechung nicht gesehen würde, führen könnten, zeigen Beispiele in Brandes Unters. über die Strahlenbrechung. S. 9. 10.

:s Gestirnes macht mit dem Abstande vom Scheitel
·.

ın der Beobachter sich nicht auf einer erheblichen Hö-
et, und wenn zugleich der Horizont frei ist, so ist
cheinen eines Gestirns über dem Horizonte seine Höhe
d ohne Rücksicht auf die zufällige Stellung des Beob-
ennen wir diejenige Zeit die Zeit des Aufgangs, wo des
Abstand vom Scheitel 90°, seine Höhe = 0° ist. Die
erreichen ihre gröſste Höhe im Meridian. Wenn man
löhen-Angabe die Bestimmung des Azimuth verbindet,
ie Lage des Gestirns für einen gegebenen Augenblick
stimmt.

respondirende Höhen nennt man die gleich groſsen Hö-
: ein Gestirn vor und nach der Culmination erlangt. Sie
htig, weil bei einem Gestirne, welches seine Declina-
ler Zwischenzeit nicht ändert, aus der Zeit der glei-
lhe die Zeit der Culmination als gerade in der Mitte zwi-
eiden liegend, unmittelbar gefunden wird. Die corre-
nden Sonnenhöhen geben so die Zeit des wahren Mit-
, doch muſs man bei dieser Bestimmung darauf Rücksicht
, daſs die Sonne in der Zwischenzeit ihre Declination
Die Hauptformel für diese Correction läſst sich leicht
Da nämlich[1], wenn h die Höhe, φ die geographische
δ die Declination des Gestirns bei der einen, $\delta + d\delta$
andern Beobachtung und ς der Stundenwinkel bei der
$\varsigma + d\varsigma$ bei der andern Beobachtung ist, Sin. h =
Sin. δ + Cos. φ. Cos. δ. Cos. ς, und auch Sin. h =
in. $(\delta + d\delta)$ + Cos. φ Cos. $(\delta + d\delta)$ Cos. $(\varsigma + d\varsigma)$ gefunden
so muſs $0 = d\delta.$ Sin. φ Cos. $\delta - d\delta$ Cos. φ Sin. δ Cos. ς

; Cos. φ Cos. δ Sin. ς oder $d\varsigma = d\delta \left(\frac{\text{Tang.}\,\varphi}{\text{Sin.}\,\varsigma} - \right.$

δ Cotang. ς) seyn, und diese Correction ist zureichend, weil
clination sich zwischen den beiden Beobachtungen eines Ta-
:ht erheblich ändert. Man findet in den Sonnentafeln eine
ch berechnete Tafel, welche die Correction des aus glei-
löhen abgeleiteten Mittags enthält. VON ZACH hat sie

---

[1] Vergl. Art. *Abstand vom Scheitel.*

allgemeiner gemacht, um sie auch auf die gleichen Höhen der Planeten anzuwenden [1].

Da die Beobachtung gleicher Höhen oft vereitelt wird, indem man Nachmittags zum Beispiele die Sonne in dem Augenblicke nicht sieht, wo sie in der bestimmten Höhe erscheinen sollte, so hat man die Zeitberechnung aus halb - correspondirenden Höhen, das ist aus solchen, wo eine wenig verschiedene Reihe von Höhen Nachmittags mit einer früh beobachteten Höhenreihe verglichen wird, abzuleiten gelehrt [2].

Wie man aus einer Reihe von Höhenbeobachtungen, die z. B. mit dem Wiederholungskreise schnell nach einander angestellt sind, ohne jede einzelne Beobachtung zu berechnen, die Zeit findet, wie man gleiche Höhen verschiedener Sterne anwendet u. s. w. lehren die Handbücher der Astronomie [3]. *B.*

Höhenmessung.

Barometrische; *altitudinum mensuratio ope barometri;* mesure des hauteurs par les observations du baromètre; *barometrical Measurements.* Sobald man die richtige Vorstellung gefasst hatte, dass es der Druck der Luft sey, durch welchen das Quecksilber im Barometer auf einer bestimmten Höhe erhalten werde, so war der Gedanke sehr natürlich, daſs das Quecksilber im Barometer sinken müsse, wenn man letzteres auf einen Berg bringt. Da nämlich am Fuſse des Berges die ganze, bis zur Grenze der Atmosphäre hinauf reichende Luftsäule mit ihrem gesammten Gewichte den Druck hervorbringt, welchen dort die Barometerhöhe abmiſst, so muſs dieser Druck, und dem gemäſs auch die Barometerhöhe, auf dem Gipfel des Berges offenbar um soviel geringer seyn, als es das Gewicht des nun unterhalb liegenden Theiles der Luftsäule fordert. Diese Ueberlegung veranlaſste Pascal den Versuch zu veranstalten, den auf seinen Rath Perrier am 19. Sept. 1648 zuerst ausführte, daſs ein Barometer auf den nahe bei Clermont

1 Nouvelles tables d'aberration et de nutation etc. und Corresp. astronomique. XIII. 210.

2 De Zach Corr. astron. III. p. 598.

3 Littrow theoret. Astron. I. p. 117.

ı Puy de Dome gebracht und dort beobachtet wurde[1]. ›meter fiel etwas mehr als 3 Zoll auf diesem etwa 3000 ıen Berge, und es lieſs sich also schlieſsen, daſs dieses ·l zur Bestimmung der Berghöhe sey. Ob Pascal die- ınken aus Descartes Mittheilung aufgefaſst hatte, wie m Briefe des Descartes geschlossen werden kann, ist ; [2].

riotte, der das Gesetz, wie die Dichtigkeit der Luft ıcke abhängt, kannte [3], gab zuerst Regeln an, wie man en aus Beobachtung des Barometers berechnen könne; indeſs darin, daſs er glaubte, das Barometer falle schon : ganze Linie, wenn man nur um 60 Fuſs steigt, und sich gar nicht unbrauchbare Methode seiner Rechnung laher zu ganz unrichtigen Resultaten [4]. Er berechnete :, um wie viel man allemal steigen müsse, um das Baro- ım $\frac{1}{12}$ Linie fallen zu sehen, eine Methode, auf welche leich noch wieder zurückkommen werde.

alley zeigte [5], wie man sich bei dieser Berechnung am lhaftesten der Logarithmen bediene, und seine Formel nmer die Grundlage dieser Rechnungen bleiben, obgleich estimmung der Dichtigkeit der Luft noch nicht genau war, e Rücksicht auf die wegen der Wärme und anderer Um- nöthigen Correctionen damals noch nicht bekannt waren. mühungen anderer Physiker, um die Berechnung zu ver- n, werden sich besser verstehen lassen, wenn ich vorher ıeorie der Höhenmessungen mittheile.

Theorie der Höhenmessungen.

Wäre die Luft ein unelastisches Fluidum, so würde offen- wenn man aufwärts steigt, der von ihr ausgeübte Druck

---

Traité de l'équilibre des liqueurs et de la pesanteur de la d'air. Paris 1663, und auch in dem Discours sur la vie de l vor dessen Oeuvres, à la Haye. 1779.

Ren. Descartes epistolae. Amst. 1682. P. III. Ep. 67.

Nach v. Lindenau hat Rich. Townley das unter dem Namen Mariotte'schen Gesetzes bekannte Gesetz früher als Mariotte ge- . Tables barom. de de Lindenau. p. XX.

Mariotte discours sur la nature de l'air, in Oeuvres de Mari- à la Haye 1740. Tome I. vgl. G. Ann. XXXVI. 169.

5 Philos. Tr. nr. 181. for the Y. 1686. p. 104.

stets um gleiche Gröſsen abnehmen, wenn man um gleiche hen steigt, und da die Höhe des Quecksilbers im Barometer sen Druck abmiſst, so würde das Quecksilber immer um g viel sinken, wenn man seinen Standpunkt um gleich viel (het. So aber verhält es sich nicht, sondern da wo das Bar ter hoch steht, ist die Luft durch einen gröſsern Druck zu men gepreſst, also dichter, und eine Luftsäule von bestim Höhe wiegt also hier mehr, als in den Gegenden, wo die weniger Druck leidet, oder das Barometer niedriger steht.

Ueberall ist das ganze Gewicht der über uns befindli Luftsäule so groſs als das Gewicht einer Quecksilbersäule eben der Grundfläche und einer Höhe der Höhe des Quecksi im Barometer gleich; das heiſst, wenn man sich einen ve len Cylinder, z. B. von 1 Zoll Durchmesser denkt, der sic an die höchste Grenze der Atmosphäre erstreckt, und ein I meter von 1 Zoll Durchmesser, in welchem man die Höh Quecksilbers über dem Niveau des Quecksilbers im Gefäſse im kürzern Schenkel beobachtet, so ist das Gewicht der in j Cylinder enthaltenen ganzen Luftsäule genau gleich[1] dem wichte der Quecksilbersäule von 1 Zoll Durchmesser und derjenigen Höhe, welche durch die Barometerhöhe besti wird. Steigt man in jener Luftsäule so hoch hinauf, daſs Quecksilber im Barometer um 1 Linie sinkt, so ist das Gev der zwischen beiden Stationen enthaltenen Luftsäule gena groſs, als das Gewicht von einer 1 Linie hohen Quecksilbers und man könnte so das specifische Gewicht der Luft an e bestimmen Orte, in Vergleichung gegen das specifische Gev des Quecksilbers bestimmen, so wie Mariotte und andre es than haben, oder wenigstens es zu bestimmen versuchten. einziges Experiment der Art, wenn es mit vollkommener nauigkeit ausgeführt wäre, würde, wenn man an Ungleicl der Wärme nicht zu denken und andre Nebenumstände i in Betrachtung zu ziehen brauchte, zureichen, um eine Tafe berechnen, wie hoch das Barometer in jeder gegebenen H stehen müſste, nämlich auf folgende Weise.

Wenn man von dem Orte, wo das Barometer 336 Li = 28 Zoll hoch steht, um 75 Fuſs steigen muſs, damit Quecksilber im Barometer 1 Linie sinke, so trifft man in

1 Wenn man auf die Abnahme der Schwere in der Höhe nicht s

ſs Höhe eine Luft, die nur einen Druck, welcher durch 335 nien Quecksilberhöhe abgemessen wird, leidet; ihre Dichkeit ist also in dem Verhältniss von 336 zu 335 geringer, als der tiefern Schicht, und wenn eine Luftsäule von der unten t findenden Dichtigkeit 75 Fuſs hoch seyn muſs, um ebenso zu wiegen, als eine Quecksilbersäule von 1 Linie hoch, wird in dem höhern Standpuncte die dünnere Luftsäule

. 75 Fuſs = 75,224 Fuſs hoch seyn müssen, um ebenso

zu wiegen. Man muſs also von dem ersten Standpuncte 150,224 Fuſs gestiegen seyn, damit man das Barometer Linien hoch finde. Hier ist die Dichtigkeit der Luft nur $\frac{334}{336}$ derjenigen, die unten statt fand, und man muſs auf's Neue

. 75 = 75,449 Fuſs steigen, das ist bis zu 225,673 Fuſs, n das Barometer bis zu 333 Linien sinken soll. So geht die Rechnung fort, und man findet $\frac{336}{333} \cdot 75 = 75{,}676$;

$\cdot 75 = 75{,}904$; $\frac{336}{331} \cdot 75 = 76{,}133$; $\frac{336}{330} \cdot 75 = 76{,}364$;

$\cdot 75 = 76{,}599$; $\frac{336}{328} \cdot 75 = 76{,}829$; $\frac{336}{327} \cdot 75 = 77{,}064$;

$\cdot 75 = 77{,}301$; $\frac{336}{325} \cdot 75 = 77{,}540$; $\frac{336}{324} \cdot 75 = 77{,}778$;

man wird hiernach

Barometerhöhe =	336‴	mit der Höhe =	0,
	335‴	. . . . . . =	75,
	334‴	. . . . . . =	150,224
	333‴	. . . . . . =	225,673
	332‴	. . . . . . =	301,349
	331‴	. . . . . . =	377,253
	330‴	. . . . . . =	453,386
	329‴	. . . . . . =	529,750
	328‴	. . . . . . =	605,346
	327‴	. . . . . . =	682,178
	326‴	. . . . . . =	759,242
	325‴	. . . . . . =	836,543
	324‴	. . . . . . =	914,083

zuſammen gehörig finden, und ſo die Rechnung ohne Schw rigkeit fortſetzen können. In einer Höhe, wo das Queckſi nur noch 14 Zoll = 168 Linien hoch ſtände, müſste man Fuſs ſteigen, um das Barometer 1 Linie fallen zu ſehen.

Bei dieſer Berechnung der Höhen, welchen ein beſtim Barometerſtand entſpricht, wurde jede Schicht von 75 hoch oder bis 77 Fuſs hoch als gleichförmig dicht angeſel aber dieſes iſt offenbar nicht ſtrenge richtig, da vielmehr Dichtigkeit bei jeder viel geringern Aenderung der Höhe ſo ungleich iſt. Um die Unterſuchung genauer zu führen, kö man die als gleichdicht angeſehenen Luftſchichten niedriger nehmen; aber die vollkommene Berückſichtigung der nach Geſetze der Stetigkeit erfolgenden Aenderungen findet erſt in Differentialrechnung ſtatt. Ich ſuche daher ſogleich die Diffe tialgleichung für die Aenderung des Barometerſtandes.

Es ſei D die Dichtigkeit der Luft an demjenigen Puncte Atmoſphäre, wo das Queckſilber im Barometer die Höhe hat, dann iſt in einer Höhe = h, wo die Barometerhöhe iſt, die Dichtigkeit bei gleicher Wärme $= \frac{D\,p}{P}$, und eine L ſäule von der Höhe = dh, übt einen Druck $= \frac{D.p.dh}{P}$ indem man hier am beſten die Dichtigkeit des Queckſilbers ſetzt, und den Druck bloſs durch die Höhe ausdrückt, heiſst, den Druck als auf eine = 1 geſetzte Grundfläche kend anſieht. Dieſer Druck beträgt aber ſoviel als das Gew einer Queckſilberſäule von der Höhe = dp, da das Quec ber um dp ſinkt, indem man in der Luft um dh ſteigt. S alſo

$$d\,p = -\frac{D.p}{P}.\,d\,h,$$

das heiſst, eine Queckſilberſäule von der Grundfläche = 1 Dichtigkeit = 1 deren Höhe = dp iſt, wiegt eben ſo viel eine Lufſäule von der Grundfläche = 1, Dichtigkeit = und Höhe = dh. Dieſe Differentialgleichung $\frac{d\,p}{p} = \frac{-D}{P}$ giebt aber log. $\frac{Const.}{p} = \frac{D\,h}{P}$, oder wenn h = 0 iſt, da,

p = P ist, $\log. \frac{P}{p} = \frac{Dh}{P}$; $h = \frac{P}{D} \cdot \log. \frac{P}{p}$. Dieses ist die Grundformel für die Höhenmessungen, die man zu bequemerem Gebrauche leicht auf brigg'sche Logarithmen zurcükführt, indem man $\frac{P}{D}$, mit 2,302585 multiplicirt. So lange man natürliche Lo-garithmen anwendet, ist $\frac{P}{D}$, oder die Gröſse, mit welcher der Unterschied der Logarithmen beider Barometerstände multipli-cirt werden muſs (*der barometrische Coefficient*) die Höhe ei-ner Luftsäule, welche von überall gleicher Dichtigkeit = D einen so groſsen Druck, als die Quecksilbersäule im Barometer von der Höhe = P ausüben würde. Wenn die Dichtigkeit der Luft einzig nach dem Mariotte'schen Gesetze bestimmt würde und die Dichtigkeit des Quecksilbers unveränderlich wäre, das heiſst, wenn man keine Ungleichheit der Temperatur berücksichtigen müſste, so bliebe dieser Coefficient ganz ungeändert, welchen Barometerstand = P man auch mit der dazu gehörigen Dichtig-keit der Luft = D annähme; denn da bei einem andern Baro-meterstande = p, die Dichtigkeit = $d = \frac{D \cdot p}{P}$ ist, so hat man $= \frac{P}{D}$.

Nach den von Biot und Arago angestellten Versuchen[1] kann man bei der Temperatur des aufthauenden Eises die Dich-tigkeit der trocknen atmosphärischen Luft, bei einem Drucke von 0,76 Meter, = $\frac{1}{10463}$ der Dichtigkeit des Quecksilbers setzen, also P = 0,76 Meter = 336,9049 Linien und $\frac{P}{D}$ = 24479,417 Fuſs = 7951,88 Meter. So hoch ist also die Luft-säule, welche bei der angegebenen, an irgend einem Orte statt-findenden Dichtigkeit eben so viel wiegt, als die darüber stehende bis an die Grenze der Atmosphäre reichende Luftsäule.

Da die brigg'schen Logarithmen mit 2,302585093 multipli-cirt werden müssen, um sie in natürliche zu verwandeln, so ist ch

---

1 Biot traité d'astron. phys. Tome III. Additions p. 23. G. XVI. 178. Mém. de l'Inst. nat. pour 1806.

$$h = \overset{\text{Par. F.}}{56365{,}94} \;.\; \log.\, \text{brigg.} \frac{P}{p};$$

$$= \overset{\text{met.}}{18309{,}88} \;.\; \log.\, \text{brigg.} \frac{P}{p}.$$

So würde die Rechnung zu führen seyn, wenn nicht er[...] lich auf die Ungleichheit der Schwere in verschiedenen Punc[...] der Erd - Oberfläche und Höhen über derselben Rücksicht [...] nehmen wäre, und nicht zweitens die Dichtigkeit der L[...] und des Quecksilbers bei verschiedenen Temperaturen unglei[...] wäre.

Ich nehme die Betrachtung über die Ungleichheit d[...] Schwere zuerst, weil diese den barometrischen Coefficient[...] auf eine bei allen Beobachtungen anwendbare Weise änd[...] Biot's und Arago's Beobachtungen wurden in Paris angest[...] 185 Fuſs uber der Oberfläche des Meeres in einer Breite v[...] 48° 50′ 14″, wo also erstlich die bei gröſserer Entfernung v[...] Mittelpuncte der Erde abnehmende Schwerkraft im Verhält[...] der Zahlen 1 zu $\frac{r^2}{(r + 185)^2}$ schwächer, als an der Ober-fläche des Meeres, ist, wenn r den Halbmesser der Meeres-Ober-fläche in dieser Gegend bedeutet; dieselbe Quecksilbersäule v[...] 0,76 Meter Höhe würde also an der Oberfläche des Meeres [...] was mehr Druck ausgeübt haben, oder umgekehrt, der in d[...] angegebenen Höhe gemessene Druck würde an der Oberfläch[...] des Meeres durch eine Quecksilbersäule

$$= 0{,}76 \left(1 - \frac{370}{19600000}\right) = 0{,}759986 \text{ Meter}$$

hervorgebracht.

Aber die Schwere ist auch zweitens in verschiedenen ge[...] graphischen Breiten ungleich, und zwar so, daſs sie unter d[...] Breite $= \varphi$

$$= 1 + 0{,}\, 00519 \text{ Sin.}^2\varphi, \text{ ist,}$$ [1]

wenn sie unter dem Aequator = 1 ist, oder daſs sie

$$= 1 - 0{,}002595 \text{ Cos.}^2\varphi.$$

ist unter der Breite $= \varphi$, wenn sie unter 45 Grad Breite, = [...] ist. Hiernach ist die Wirkung der Schwerkraft in Paris

$$\text{um } 0{,}002595 \;.\; 0{,}13355 = 0{,}0003465$$

gröſser, als unter 45 Gr. Breite, und jene 0,759986 Meter ho[...]

---

1 Vgl. *Erde.* Th. III. S. 893. *Fall.* Th. IV. S. 9.

bersäule hätte unter 45 Gr. Breite an der Oberfläche des = 0,760263 hoch seyn müssen, um eben den Druck n. Eben jener für Null Grad Wärme gültige barometri-fficient wird also unter 45 Gr. Breite an der Oberfläche des = 10463 . 0,760263 . 2,302585 = 18316,22. Meter 5,45 Paris. Fuſs.

groſs würde für 45° Breite am Meere der barometrische nt bei Null Grad Wärme seyn, wenn die Luft der freien äre ganz von Dünsten frei wäre; wegen der in ihr ent-Dünste berechnen Laplace, Biot und Puissant ihn ł,11 Meter, wobei mir aber einige Willkürlichkeit statt ı scheint [1].

jeder anderswo angestellten Beobachtung muſs man in ng auf die beiden eben erwähnten Umstände eine Cor-anbringen. Es ist nämlich das Gewicht der kleinen e von der Höhe = dh und der Dichtigkeit = $\frac{Dp}{P}$, las Product

$$\frac{D.p.dh}{P}\,(1 - 0{,}002595.\,\mathrm{Cos.}\,2\varphi)\,\frac{r^2}{(r+h)^2}$$

ücken, wenn die Beobachtung in der geographischen = φ und der Höhe = h über dem Meere angestellt ist, n hat daher, da dieses Product

$$\frac{D.p.dh}{P}\left(1 - \frac{2h}{r}\right)(1 - 0{,}0026\,.\,\mathrm{Cos.}\,2\varphi)$$

werden kann,

$$= \frac{-D.dh}{P}\left(1 - \frac{2h}{r}\right)(1 - 0{,}0026\,.\,\mathrm{Cos.}\,2\varphi)$$

$$\frac{\mathrm{Const.}}{p} = \frac{D}{P}\,h\left(1 - \frac{h}{r}\right)(1 - 0{,}0026\,.\,\mathrm{Cos}\;2\varphi).$$

at man die Barometerhöhen P′ und p′ in den Höhen H und dem Meere und in nahe gleicher geographischer Breite beobachtet, so ist der diesen Barometerhöhen zugehörige

$$P = P'.\left(1 - \frac{2H}{r}\right)(1 - 0{,}0026.\,\mathrm{Cos.}\,2\varphi),$$

nd $p = p'\left(1 - \frac{2h}{r}\right)(1 - 0{,}0026\,.\,\mathrm{Cos.}\,2\varphi)$,

Siehe unten.

Bd. T

und man hätte, wenn (p) den Werth =

$$P'\left(1-\frac{2H}{r}\right)(1-0{,}0026.\ \mathrm{Cos.}\ 2\varphi)$$ bedeutet,

$$\log.\ \mathrm{Const.}=\log.(p)+\frac{D}{P}.\ H\left(1-\frac{H}{r}\right)(1-0{,}0026.\ \mathrm{Cos.}\ 2\varphi)$$

folglich $$\log.\frac{P'\left(1-\frac{2H}{r}\right)}{p'\left(1-\frac{2h}{r}\right)}=$$

$$\frac{D}{P}(h-H)\left(1+\frac{h+H}{r}\right)(1-0{,}0026.\ \mathrm{Cos.}\ 2\varphi).$$

Um diese verwickelte Formel in allen Fällen, wo die Normaltemperatur statt findet, mit zureichender Genauigkeit anzuwenden, ist es am besten, *zuerst die oberflächlich bestimmte Höhe* = h′ — H′, *aus der Formel* $h'-H'=56385.\log.$ brigg. $\frac{P'}{p'}$ *in Pariser Fuſsen zu berechnen, und nun unsere letzten Formel*, worin $$\log.\frac{P'\left(1-\frac{2H}{r}\right)}{p'\left(1-\frac{2h}{r}\right)}=$$

$$\log.\frac{P'}{p'}+\log.\left(1+\frac{2(h-H)}{r}\right)$$

$$=\log.\frac{P'}{p'}+\frac{2(h-H)}{r}$$ für natürliche Logarithmen, oder

$$=\log.\ \mathrm{brigg.}\frac{P'}{p'}+0{,}868.\left(\frac{h-H}{r}\right)$$ ist, *die Form*

$$h-H=56385\left(1+\frac{H'+h'}{r}\right)(1-0{,}0026.\ \mathrm{Cos.}\ 2\varphi)$$
$$\left\{\log.\ \mathrm{br.}\frac{P'}{p'}+\frac{0{,}868.(h'-H')}{r}\right\}$$

zu geben.

Um diese, fast immer unbedeutenden Correctionen nicht immer alle zu wiederholen, will ich von jetzt an $h-H=56385$ K. $\log.\frac{P}{p}$ setzen, und man könnte, nach Puissant's Bemerkung[1] allenfalls die Correction wegen ungleicher Einwirkung d

1 Traité de Géodésie Livre 6. Chap. 5.

ganz weglassen, wenn man K = 1,00321 setzte, dann die Feuchtigkeit der Luft noch besonders Rücksicht

Wärme hat auf diese Bestimmungen einen zweifachen Zuerst war die Bestimmung, daſs die Dichtigkeit des bers = 1 sey, offenbar nur auf eine gewisse Tempera- nehmen hier an, die des aufthauenden Eises, anwend- da das Quecksilber nach Dülong und Petit, sich bei rade des Réaumürschen Thermometers um $\frac{1}{4440}$ aus- o ist die Dichtigkeit des Quecksilbers $= 1 - \frac{t}{4440}$ aden der Wärme, und statt der uncorrigirten Höhe P les Quecksilbers muſs man $P\left(1 - \frac{T}{4440}\right)$ und $- \frac{t}{4440}\Big)$ oder, was genau genug ist, statt des Quotienten $\left(1 - \frac{T-t}{4440}\right)$ setzen. Dadurch erhält man die Zurück- der Barometerhöhe auf das, was sie seyn würden, wenn ecksilber die Temperatur des schmelzenden Eises hätte, erhellet, daſs man nur die eine Barometerhöhe um so ıls dem Unterschiede der Temperaturen gemäſs ist, zu ren braucht.

Beziehung auf die Wärme der Luft ist eine zweite riger zu bestimmende Correction nöthig. Obgleich der $\frac{P}{D}$ oder $\frac{p}{d}$ stets einerlei Werth behalten würde, wenn mperatur der Luft unveränderlich bliebe, so ist doch be- ich bei gleichem Drucke die Dichtigkeit der Luft geringer, die Wärme gröſser ist, und da diese Aenderung nach Lüssac für jeden Réaumürschen Thermometer-Grad $\frac{1}{213,3}$, gt, (oder = 0,00375 für jeden Centesimalgrad) so ist Dichtigkeit bei einer von 0° verschiedenen Wärme = $1 - \frac{t}{213,3}\Big)$.

Hiernach wäre die Correction leicht, wenn die ganze Luft- zwischen beiden Beobachtungspuncten eine überall gleiche me hätte; da aber dieses nicht der Fall ist, so sollte eigent-

lich die Wärme t als eine Function der Höhe in die Rechnung eingeführt werden, und die Gleichung $dp = -\frac{Dp}{P} dh$ $\left(1 - \frac{t}{213}\right)$ müſste diesem gemäſs integrirt, t aber zuvor als Function von h gegeben werden.

Aber die Ungleichheit der Wärme in verschiedenen Höhen ist nicht immer auf gleiche Weise bestimmt, und es ist schwer, ihr Gesetz strenge anzugeben. Man begnügt sich daher gewöhnlich, die Temperatur $= T'$ in der untern, und $= t'$ in der obern Station zu beobachten, und $\frac{T' + t'}{2}$, als die Wärme der ganzen Luftsäule anzusehen, wodurch dann

$$h - H = \frac{P}{D}\left(1 + \frac{T' + t'}{426,6}\right) \log. \frac{P''}{p''}$$

$$\text{oder } h - H = 56385 \,.\, K \,.\left(1 + \frac{T' + t'}{426,6}\right) \log. \frac{P''}{p''}$$

hervorgeht, wenn man in $\frac{P''}{p''}$ schon den nach der Wärme des Quecksilbers corrigirten Werth gesetzt hat.

Kurze Darstellung der Regeln zur Höhenmessung an einem Beispiele.

1. Bei einer Beobachtung, die zur Höhenmessung dienen soll, muſs nothwendig mit der Barometerhöhe, gleichzeitig an beiden Orten beobachtet, auch die Temperatur des Quecksilbers im Barometer und die Wärme der Luft gegeben seyn. Bei Ramond's Bestimmung der Höhe des Pic de Bigore über Tarbes wurde auf dem Berge von Ramond, in Tarbes von Dangos folgendes beobachtet.

Barometerhöhe auf dem Berge		$= p' = 19{,}845$ Zoll,
in Tarbes		$= P' = 27{,}17$ Zoll,
Temperatur des Quecksilbers	dort	$= t = 7{,}^\circ 6.$ R,
	hier	$= T = 14{,}9.$
Temperatur der Luft	dort	$= t' = 3{,}2$
	hier	$= T' = 15{,}3.$

2. Es wird nun zuerst die Quecksilberhöhe so corrigirt, daſs man so viele $\frac{1}{4440}$ als der Unterschied $T - t$ angiebt, von der Barometerhöhe P' nimmt, und von dieser subtrahirt.

ſt aber hier $T = 14{,}9$.

$$\frac{t = 7{,}6}{T - t = 7{,}3.}$$

lso $P'. \frac{(T-t)}{4440} = 27{,}17. \frac{7\,.\,3}{4440} = 0{,}0447.$

$$- \frac{T-t}{4440}\Big) = 27{,}17 - 0{,}0447,$$

$$= 27{,}1253 \text{ Zoll} = P''.$$

: Barometerhöhe iſt als die in der untern Station beob-
ızuſehen, und die oben beobachtete wird uncorrigirt,
beibehalten.

Man berechnet dann zuerſt die Höhe nach der einfa-
rithmiſchen Formel $h' - H' = 56385{,}5 \,.\, \log.\ \text{br.} \frac{P''}{p''}$.

$$\log.\ \text{brigg.}\ 27'',1253 = 1{,}433374$$
$$\log.\ \text{brigg.}\ 19{,}845 = 1{,}297651$$
$$\log.\ \frac{P''}{p''} = 0{,}135723$$

und $56385{,}5 \,.\, 0{,}135723 = 7652{,}81$.

es iſt die uncorrigirte Höhe, die deſto weniger von
ren Höhe abweicht, je weniger die Temperatur der
Null verſchieden iſt.

Aber wegen der Wärme fordert dieſe Beſtimmung mei-
ch eine ſehr erhebliche Correction. Man ſucht daher
ltemperatur

$$\frac{T' + t'}{2} = \frac{15{,}3 + 3{,}2}{2} = 9{,}25.$$

lie eben gefundene Höhe mit 213,3 und multiplicirt den
en mit der eben gefundenen Zahl von Graden; was
mmt, wird jener Höhe zugelegt, wenn die Mitteltem-
iber Null iſt. Man erhält aber hier

$$\frac{7652{,}81 \,.\, 9{,}25}{213{,}3} = 331{,}88.$$

ı2,81 + 331,88 = 7984,7 Paris. Fuſs.

In vielen Fällen, beſonders dann, wenn die Höhen
hr erheblich ſind, kann man die Correctionen wegen Un-
ıit der Schwerkraft weglaſſen; will man ſie aber anwen-
ı muſs man in den oben gefundenen Formeln $h' - H' =$
ſetzen, und ſollte eigentlich nun auch wiſſen, wie
er niedrigere Ort über dem Meere läge; da es indeſs gar

nicht nöthig ist, diese letztere Höhe genau zu kennen, so kann man nur obenhin sagen, einer Barometerhöhe von 27″,1 entspricht ungefähr eine Höhe von 800 Fuſsen, also ist

$$H' + h' \text{ ungefähr } = 9600 \text{ Fuſs.}$$

Da r = 19600000, so ist

$$\frac{H' + h'}{r} = 0{,}000489.$$

$$\text{und } \frac{0{,}868 \, . \, (h' - H')}{r} = 0{,}000354.$$

Nach dem Vorigen hätten wir nun nicht mit log. br. $\frac{P''}{p''}$ sondern mit

$$\text{log. br. } \frac{P''}{p''} + \frac{0{,}868 \, . \, (h' - H')}{r}$$

multipliciren sollen, wir müssen also unsern gefundenen Werth, da log. br. $\frac{P''}{p''} = 0{,}1357$ war, zuerst noch um

$$\frac{0{,}000354}{0{,}1357} = 0{,}00261$$

erhöhen, also statt 7984,7, jetzt 7984,7 . 1,00261 = 8005,5 setzen; dann aber mit

$$1 + \frac{H' + h'}{r} = 1{,}00049 \text{ multipliciren,}$$

woraus 8005,5 . 1,00049 = 8009,4 folgen würde.

6. Endlich ist dann noch zu berücksichtigen, daſs fi… die in unserm Beispiele vorkommenden Orte φ = 43° i… 1 — 0,0026 . Cos. 2 φ = 0,99982, so daſs noch 8009,4 . 0,000… = 1,4 von 8009,4 subtrahirt werden muſs, und 8008 Fuſs würde nach allen bisherigen Regeln als die wahre Höhe des Pic de Bigore über Tarbes gefunden werden. Die in Nr. 5 und 6 angegebenen Correctionen lassen sich in eine einzige verwandeln. Da nämlich u (1 + a) (1 + b) (1 — c) sehr nahe = u (1 + a + b — c) ist, für kleine Werthe von a, b, c, so ist 7984,7 . (1,00261 . 1,00049 . 0,99982) = 7984,7 . 1,0029 = 8008,0.

7. Die trigonometrische Bestimmung gab 8044 Fuſs, also immer noch erheblich von unserm Resultate abweichend. Allerdings sollte auch noch eine Correction wegen der Feuchtigkeit der Luft eingeführt werden; aber diese habe ich hier absicht…

t erwähnt, weil die Bestimmungen für sie noch nicht . von Sicherheit haben, den die übrigen Correctionen und weil noch andre Unsicherheiten, namentlich über ;iche Abnehmen der Wärme in der Höhe statt finden, in unsre Berechnung kleine Fehler kommen können. en Unsicherheiten werde ich in der Folge noch mehr

·e Bemühungen, die bei den Höhen-sungen vorkommenden constanten Zahlen zu bestimmen.

dem jetzigen Zustande unserer Kenntniſse, wo die der Berechnung schon mit groſser Vollkommenheit be-nd, ist es wohl nicht mehr angemessen, die richtigen jener constanten Zahlen aus der Vergleichung der baro-.en Höhenmessung mit den trigonometrisch erhaltenen Be-ıgen der wahren Höhe herzuleiten. Vielmehr dürfen hl mit einem hohen Grade von Sicherheit sagen: da wir ;ifische Gewicht der Luft bei bestimmtem Drucke und bei ıter Wärme genau kennen, da die Ausdehnung des ilbers durch die Wärme genau bekannt ist, da wir die he Einwirkung der Schwere so genau kennen, so ist es daſs bei gleichmäſsiger Wärme der ganzen Luftsäule, bei trockener Luft, bei ganz stiller Luft, und bei absoluter mmenheit der Beobachtung, die Höhe nach unsern Re-:hr genau müſste gefunden werden.

hemals, als man die Dichtigkeit der Luft bei verschiede-emperaturen noch nicht so genau kannte, schien es noth-g, die constanten Gröſsen aus den barometrischen Höhen-ımungen selbst kennen zu lernen, und daraus sind, vor-:h da man zuweilen fehlerhafte und nicht oft wiederholte ıchtungen zum Grunde legte, die ungleichen Bestimmun-ntstanden, deren Kenntniſs mir jetzt nur einen sehr geringen h zu haben scheint, die ich indeſs, der Vollständigkeit we-und um zu zeigen, wie mühsam man erst nach und nach :r gekommen ist, hier erwähnen will.

Jener barometrische Höhen-Coefficient, den wir für trok-: Luft von 0 Grad Wärme, am Meere, in 45 Grad Breite

= 56385,5 Pariser Fuſs geſetzt haben, wurde aus den ältern Beobachtungen um ſo weniger genau beſtimmt, da man auf Ungleichheit der Wärme keine Rückſicht nahm, wohl nicht einmal ganz luftfreie Barometer beſaſs, und in der Kunſt, ſehr genaue Inſtrumente zu machen, noch ſo wenig fortgeſchritten war.

Mariotte's unrichtige Beſtimmung, nach welcher das Barometer ſchon an einem 63 Fuſs höhern Puncte um eine Linie niedriger ſtehen ſollte, gab die Dichtigkeit der Luft $= \frac{1}{9072}$ in Vergleichung gegen das Queckſilber an, und hätte $9072 \cdot 2\frac{1}{3}$ als den Coefficienten für natürliche Logarithmen, $9072 \cdot 2\frac{1}{3} \cdot 2{,}30258 = 48740$ Fuſs für briggiſche Logarithmen angegeben. Er hatte beobachtet, daſs auf 84 Fuſs das Queckſilber $\frac{4}{3}$ Linie fiel [1]. In ſeiner Schichtenrechnung nimmt er nur 60 Fuſs, als die einer Linie entſprechende Höhe an.

De la Hire [2] und Horrebow [3] nehmen richtiger 75 Fuſs als die Höhe an, bei welcher das Barometer von 336 Linien auf 335 Linien fällt, und ſo würde unſer Coefficient

$$= 10800 \cdot 2\tfrac{1}{3} \cdot 2{,}30258 = 58025 \text{ Fuſs.}$$

Eben die Zahl gilt auch beinahe für Halley's Beſtimmungen [4], jedoch da er 30 Engl. Zoll = 337,5 Paris. Linie für dieſe Normalhöhe rechnet, ſo ſind es

$$10800 \cdot 2\tfrac{1}{2} \cdot 2{,}30258 = 62170 \text{ Engl. F.}$$
$$10800 \cdot 2{,}34375 \cdot 2{,}30258 = 58284 \text{ Paris. F.}$$

Bouguer [5] hatte wohl hauptſächlich nur den Zweck eine leichte Rechnungsmethode anzugeben, als er jenen Coefficienten auf $10000 \left(1 - \frac{1}{30}\right)$ Toiſen = 58000 Fuſs ſetzte. Dieſe Regel iſt richtig für eine Wärme von etwa 6 Réaum. Graden, und ſo lange, als man auf die Wärme noch nicht genau Rückſicht nahm, konnte ſie in vielen Fällen richtige Reſultate geben.

---

1 De la nature de l'air; in den Oeuvres de Mariotte. Tom. I pag. 174.

2 Mém. de l'acad. de Paris 1709. p. 176.

3 Elem. phil. nat. Hafn. 1748.

4 A Discourse of the rule of the decrease of the height of the mercury in the barometer, in den Miscell. curios. London 1750. Phil. Tr. 1686. p. 104.

5 Voyage au Perou, die dem Werke la figure de la terre beigefügt iſt.

ch bequemer aber zur Rechnuug war Tob. Mayers Regel[1], s man log. $\frac{P'}{P''}$ gradezu mit 10000 multipliciren solle, um die he in Toisen zu haben. Diese Regel gilt für 13¾ Gr. R. lert aber eine Correction für andere Temperaturen.

Die Bestimmungen von Scheuchzer, die Formeln von ₍noulli, Cassini und Lambert, ebenso die achtungswer- ı Bemühungen von Celsius und Schober kann ich wohl z übergehen, da sie theils völlig verfehlt sind, theils hinter ern Bestimmungen doch weit zurückstehen[2].

Viel wichtiger sind de Lüc's Bemühung für diesen Gegen- d, und obgleich wir jetzt vielleicht Veranlassung finden, die indirectem Wege gesuchten Bestimmungen als allzu mühsam icht anzusehen, so müssen wir doch nicht bloſs das gefun- Resultat mit Dank, als sehr nahe richtig annehmen, son- können auch der Methode keinesweges unsern Beifall ver- n. Man hatte bis zu seiner Zeit die Ausdehnung des Queck- rs durch die Wärme, obgleich Amontons schon auf die Be- sichtigung derselben aufmerksam gemacht hatte, als ganz deutend bei Seite gesetzt[3], und wie de Lüc[4] bemerkt, t mit Unrecht, weil Barometer, in denen das Quecksilber nicht ekocht ist, bei der Wärme eine ganz unregelmäſsige, von Ausdehnung der mehr oder minder, im obern Raume ent- nen Luft, abhängige Veränderung zeigen. De Lüc gelangte ler Ueberzeugung, daſs in luftleeren Barometern allerdings der Einfluſs, welchen die Ausdehnung durch die Wärme orbringt, genau bestimmen lasse und nothwendig beachtet en müsse; er bestimmte die Ausdehnung des Quecksilbers Eispuncte bis zum Siedepuncte auf 6 Linien für 324 Linien, it, auf $\frac{1}{54}$ für 80 Grade, also auf $\frac{1}{4320}$ für 1 Grad; dieses ılich nicht genau, aber doch der Wahrheit sehr nahe kom- , und es lieſs sich nun eine regelmäſsige Correction ein- n.

---

1 Kästner's Anm. über die Markscheidekunst, nebst einer Abh. las Höhenmessen mit dem Barometer. S. 320.

2 Kästner giebt an angeführtem Orte fast von allem was damals ıt war, umständliche Nachricht und Prüfung.

3 De Lüc Untersuchung über die Atmosphäre, Leipz. 1776. I. Th.

4 a. a. O. S. 38.

Auch auf die in Röhren von gröſserm Durchmesser ander als in engen Röhren einwirkende Capillarität nahm DE Lü Rücksicht, begnügte sich aber, Heberröhren an überall gleicher Durchmesser zu empfehlen, und auf die Gröſse der Fehler i den Resultaten, die selbst aus geringen Beobachtungsfehlern her vorgehen, aufmerksam zu machen. Eben diesen Fleiſs, m welchem er die Verfertigung der Barometer verbesserte, wandt er auch auf die Thermometer, und erst nach diesen langen un vielfältigen Vorarbeiten ging er an die Vergleichungen, welch hier eigentlich den Hauptgegenstand unsrer Betrachtung aus machen.

Sollte der barometrische Coefficient genau bestimmt wer den, so muſste zugleich auch auf die Wärme der Luft Rück sicht genommen werden; diese Betrachtung bewog DE Lü die aus verschiedenen Beobachtungen hergeleiteten Höhenbe stimmungen nach der Wärme, die als Mittelwärme der ganze Luftsäule gefunden war, zu ordnen, und dann zu untersuche theils welcher Coefficient einer bestimmten Temperatur angehö re, theils welche Aenderungen eine verschiedene Temperat hervorbringe. Er glaubte sich zu überzeugen, daſs der Coeff cient = 60000 Fuſs = 10000 Toisen zu $16\frac{3}{4}$ Graden des ach zigtheiligen Quecksilberthermometers gehöre, und dieser Coeff cient mit jedem Grade sich um $\frac{1}{215}$ ändere[1]. Beides ist zw nicht genau richtig, aber wenn man den nach DE LÜC bestimm ten Coefficienten sucht, so ist die Uebereinstimmung mit d Wahrheit wenigstens schon viel gröſser, als die frühern Regel sie geben, und sie würde noch besser seyn, wenn DE LÜC nic das Thermometer der Sonne ausgesetzt beobachtet, also d Wärme immer etwas zu groſs gefunden hätte. Obgleich DE Lüc Zusammenstellung der Beobachtungen sehr mühsam und weit läuftig ist, so ist sie doch ein schönes Beispiel, wie man d wo directe Beobachtungen uns noch nicht gegeben sind, auf in directem Wege die einwirkenden Umstände annähernd kenne lernen kann. Er erkannte auch die noch übrig bleibenden Schwie rigkeiten sehr gut, und einige derselben sind noch immer ebe

---

1 Um ganz genau zu vergleichen, müſste man noch den Luf druck, bei welchem der Siedepunct des Thermometers bestimmt wa in Betrachtung ziehen, was aber hier unzweckmäſsige Weitläuftigke herbeiführen würde.

als damals überwunden [1]. Seine Thermometerscalen, ›lche die Rechnung erleichtert werden sollte, haben uns so wenig Werth, daſs ich sie nicht zu erklären nö-

KELYNE wandte DE LÜC's Formeln auf englisches Maſs enheitische Grade an [2]. Eben das that HORSLEY, welеln zu bequemerer Berechnung beifügt [3]. Weit wichl SHUCKBURGH's Bemühungen [4]. Er stellte eine groſse rometrischer Höhenmessungen an, aus denen er eine Verg der Formel DE LÜC's glaubte ableiten zu können, und seine Correction für die Wärme, nämlich = $\frac{1}{82}$ bei hermometergrade, gewiſs zu groſs ist, so verdienen ne Bemühungen allen Dank.

en ähnlichen Zweck haben ROY's Untersuchungen [5], aber ne Zahlenbestimmungen haben sich nicht bewährt, und AYER rieth (noch 1786) bei DE LÜC's Correction um bleiben [6].

Bemühungen ROSENTHAL's, HENNERT's und WÜNSCH's e ich ganz [7]. Dagegen verdient TREMBLEY, der DE LÜC's an wirklichen Messungen prüfte, eher erwähnt zu wer- Aus diesen Vergleichungen schlieſst er, daſs der Werth efficienten = 60000 zu der Normaltemperatur = 11½° R. , und daſs man für jeden von dieser Temperatur abweinWärmegrad um $\frac{1}{192}$ corrigiren müsse; das würde für 0° efficienten = 56406 allerdings näher richtig geben, als c's Regel ihn giebt. Er glaubt, DE LÜC sey bei seinen

---

II. Th. S. 258.

Ph. Tr. 1774. Nr. 64. p. 160.

Ph. Tr. 1774. p. 220.

Ph. Tr. 1777. p. 513.

Ph. Tr. 1777. Nr. 29. 1778. Nr. 32.

Abhandlung über das Ausmessen der Wärme, in Rücksicht auf öhenmessen. Leipzig 1786.

ROSENTHAL's Beiträge zur Verfertigung und Gebrauch meteorologi- Instrumente Gotha 1782. HENNERT comment. de mensurat. altit. barometri. Ultraj. 1786. WÜNSCH neue Theorie von der Atmoe und dem Höhenmessen mit dem Barometer Leipz. 1782.

In DE SAUSSURE voyages dans les Alpes Tome II. p. 616. Gé- 1786.

Bestimmungen durch nicht genau richtige geometrische Bestimmungen der Höhe irre geleitet worden.

Kramp's Bestimmungen[1], die sich nur auf fremde Beobachtungen gründen, und ehemals nur weil sie den Gegenstand recht befriedigend darstellten, wichtig schienen, haben für uns ebenfalls keinen erheblichen Werth. Er untersucht sorgfältig den Einfluſs, den die Voraussetzung einer regelmäſsig in der Höhe abnehmenden specifischen Elasticität der Luft auf die Höhenbestimmung haben würde; aber da das Gesetz, nach welchem die Wärme in der Höhe abnimmt, zu verschiedenen Zeiten so sehr ungleich ist, so wird der Theorie der Höhenbestimmung damit wenig geholfen. Er sowohl als Gerstner glaubte, durch unmittelbare Bestimmung der Dichtigkeit der Luft vermittelst eines Manometers mehr Sicherheit in die Bestimmungen zu bringen[2].

Laplace, der in seinen Untersuchungen auf alle Umstände Rücksicht nahm, und die Berichtigung wegen ungleicher Einwirkung der Schwere so, wie es oben angegeben ist, in die Rechnung brachte[3], wählte denjenigen Werth des barometrischen Coefficienten, den Ramond aus zahlreichen Beobachtungen in den Pyrenäen abgeleitet hatte[4], und seine Formeln sind nachher, als die am vollkommensten berichtigten, in andre Werke aufgenommen.

Ramond's Untersuchungen[5] waren durch Laplace, der in der ersten Ausgabe seiner Exposition du système du monde zu Beobachtungen aufgefordert hatte, veranlaſst, und verdienen etwas umständlicher dargestellt zu werden. Er wählte zu seinen Beobachtungen den Pic du Midi de Bigorre, der frei von Schnee, entfernt genug von andern hohen Bergen, sich über die Ebene,

---

1 Die er in seiner Geschichte der Aerostatik. Straſsburg 1784 und Analyse des refractions. chap. I. angiebt.

2 Beob. auf Reisen in das Riesengebirge von Jirasek, Haenke, Gruber und Gerstner. Dresden 1791.

3 Nach von Lindenau hatte Playfair schon hierauf Rücksicht genommen, und auch für verschiedene Hypothesen der Wärme-Abnahme in der Höhe die Rechnung geführt. Transact of the Soc. of Edinburgh. Vol. I.

4 Mécan. céleste Tome IV. Livre 10. Puissant traité de Géodésie. Livre VI. Chap. 5.

5 Mémoires sur la formule barométrique de la Mécan. cél. par Ramond. (Clermont-Ferrand. 1811.)

:r Tarbes liegt, erhebt, und ein sehr sorgfältiges Ni- hatte seine Höhe = 7964 Fuſs über dem Puncte in :geben, wo die gleichzeitigen Beobachtungen vorzüg- stellt wurden. Sowohl diese, als andere an verschie- :en angestellte Beobachtungen vergleicht RAMOND mit hiedenen Formeln, wobei er jedoch die von DE LÜC, e Höhen etwa um $\frac{1}{47}$ zu klein angebe, minder berück- den Coëfficienten, den LAPLACE bei seinen ersten Un- gen auf 17972, 1 Meter = 55325 Fuſs, beinahe DE timmungen gemäſs, gesetzt hatte, nahm er sogleich Meter = 56622 Fuſs an, und fand, daſs dieser Werth, n ihn, nach LAPLACE's Vorschrift um $\frac{1}{200}$ für jeden rad corrigirt, allen Temperaturen besser entspricht, als HUCKBURGH's und TREMBLEY's Formeln der Fall ist; bley'sche Formel gebe nämlich bei hohen Temperaturen höhe zu groſs, bei niedrigen zu klein, und seine auf zte Correction für jeden Grad sey also zu groſs; dage- lte man entgegengesetzte Fehler, wenn man bei $\frac{1}{215}$ LÜC bleibe. Ist die Temperatur nicht viel von 8° R. so stimmen alle Formeln, die von SHUCKBURGH, ROY, [1], und TREMBLEY, mit der von LAPLACE nahe über- daſs selbst für die Höhe von 6978 Meter, bis zu wel- Y-LÜSSAC sich mit dem Luftballon erhob, nach der Bestimmung von ROY nur 0,9 Meter zu wenig, nach ten 8,7 Meter zu viel gefunden wird; bei einer Wärme R. dagegen gab TREMBLEY's Formel $\frac{1}{153}$ zu viel, ROY's $\frac{1}{167}$ zu viel. Jener aus Beobachtungen in den Pyrenäen tete Coëfficient muſste nun auf die Oberfläche des Mee- auf die geogr. Breite von 45 Graden reducirt werden, bt da 18336 Meter = 56446 Fuſs.

MOND führt die Regeln der Berechnung darauf zurück, n erstlich die Quecksilberhöhe um $\frac{1}{4350}$ für jeden Grad theil. Scale ($\frac{1}{5412}$ für jeden Centes. Grad) corrigiren dann zweitens die Differenz der Logarithmen mit 18336 nultiplicire, und drittens für jeden Grad der Lufttempe- $\frac{1}{250}$ als Correction anbringe, ($\frac{1}{250}$ für jeden Centes. Grad). rrection wegen ungleicher Einwirkung der Schwere in edenen Höhen könne man sich ersparen, wenn man für

———

Der sich fast an TREMBLEY's Bestimmungen gehalten hat.

Höhen von etwa 3000 Meter den Coefficienten 18393 beibehal
die Correction wegen der geographischen Breite dürfe aber de
noch nicht vernachläſsigt werden. Er zeigt an einer Reihe v
Beispielen, wie gut der Coefficient 18393 die Correction weg
der Schwere mit in sich einschlieſse, indem selbst die Höhe,
welcher Gay-Lüssac sich erhob, nur um $\frac{1}{1743}$ zu klein,
Vergleichung gegen die genaue Regel, angegeben wird.

Die Frage, ob Ramond's Coefficient = 56446 Fuſs, od
der aus Experimenten geschlossene = 56385 F. der richtig
ist, will ich in der Folge noch näher zu beantworten suchen.

So sehr diese Bemühungen Ramond's Beifall ſanden,
machte doch von Lindenau[1] die gegründete Bemerkung, d
Ramond's für die Beobachtungen in den Pyrenäen so sehr
passender Coefficient doch vielleicht anderen Gegenden we
ger angemessen seyn könne. Die astronomische Strahlenbr
chung sey am Aequator geringer, als in hoher Breite, und di
selbe Ursache, die dieses bewirke, müsse auch auf jene Coeff
cienten Einfluſs haben; daher sey es besser bei der Bestimmu
des Coefficienten Beobachtungen aus ganz verschiedenen geogr
phischen Breiten zum Grunde zu legen. Die Vergleichung vie
Beobachtungen gab den Coefficienten = 56652 Fuſs. Auſser
veränderte von Lindenau die Correction wegen der ungleich
Wärme in verschiedenen Luftschichten, da die Voraussetzun
man dürfe die Mittelwärme zwischen beiden Stationen so ans
hen, als ob sie die Wärme der ganzen Luftmasse bestimm
nicht der Wahrheit zu entsprechen scheint. Aber so gegründ
die Bemerkung ist, daſs jenes einfache Gesetz der Natur wo
nicht völlig entspricht, so muſs man doch gestehen, daſs derst
Wechsel, welchem das Gesetz der Wärme-Abnahme in de
Höhe unterworfen ist, uns kaum erlaubt, eine für alle Tages
zeiten und Jahreszeiten gültige Regel aufzustellen.

Unter den Beobachtern, welche auf eigne Beobachtunge
gestützt den Coefficienten zu bestimmen gesucht haben, verdien
auch d'Aubuisson genannt zu werden. Seine Beobachtunge
betrafen die Höhe des St. Bernhard über Turin und die de
monte Gregorio, und obgleich seine Vergleichung der Beobach

1 Tables barométriques pour faciliter le calcul des mesures de hauteurs. Gotha 1809.

ngen zeigt[1], daſs man zu verschiedenen Tageszeiten einen
dern Werth des Coefficienten erhält, so nimmt er doch als
a passendsten 18317 Meter = 56387,8 Fuſs an[2], setzt statt
ssen aber[3], um die eine Correction wegen Abnahme der Schwer-
ift zu ersparen, 18365 Meter; oder auch, wenn man die zweite
rrection wegen Abnahme der Schwere mit darin begreifen
ll, 18375[4].

G. G. Schmidt setzt nach eignen Beobachtungen den Coef-
enten = 56262 bei 0° Wärme und die Correction = $\frac{1}{267}$
jeden Wärmegrad[5].

de Villefosse, der übrigens de Luc's Formel beibehält,
imt die Berichtigung wegen der Wärme nicht = $\frac{1}{215}$, son-
n = $\frac{1}{182,4}$ an, ohne jedoch zu behaupten, daſs diese aus
nterbeobachtungen auf dem Harze abgeleitete Bestimmung
emein gültig sey[6]. Die Untersuchungen von Tralles[7],
llweide[8], haben nicht den Zweck, die beständigen Grö-
ı der Formeln zu berichtigen. Greatorix[9] hat zwar dahin
örende Vergleichungen angestellt, aber ohne sie zu einem
endeten Resultate zu führen. Venini's Untersuchungen[10]
e ich nicht nachsehen können.

Dagegen muſs ich doch noch etwas aus Daniell's theoreti-
n Untersuchungen[11] erwähnen. Er sucht in dem ersten Ab-
nitte seiner Abhandlung über die Constitution der Atmosphäre,
Druck und die Strömungen in einer ganz dunstfreien At-
phäre zu bestimmen. Er nimmt den barometrischen Coeffi-
ten = 26250 . 2,302585 engl. Fuſs = 56665 franz. Fuſs

---

1 Journal de Physique Tome. LXXI. 6.
2 Traité de Géodésie. Tome I. (übers. v. Wildemann. Dresden
. S. 439).
3 a. a. O. S. 442.
4 Vgl. G. XXXVIII. 270. LXVII. 287.
5 G. G. Schmidt Lehrbuch der Naturlehre. Gieſsen 1826 S. 187.
6 G. XXVI. 205. XXVIII. 58.
7 G. XXVII. 400.
8 G. LXII. 300.
9 Phil. Transact. for 1818.
10 Mem. de Bologna Tome. II.
11 Meteorological Essays and Observations. London 1823.

an, bei der Temperatur = 0, indem er bei 30 engl. Zoll Druck die Dichtigkeit der Luft = $\frac{1}{10500}$ setzt, welches bei 336,904 Paris. Lin. oder 0,76 Meter $\frac{1}{10418,5}$ giebt. Hieraus würde nun die Höhe leicht zu berechnen seyn, wenn nicht die Temperatur in der Höhe abnähme; aber diese Abnahme glaubt er durch folgende Regel bestimmen zu können[1]. Wenn in 0 Höhe das Barometer 30 Zoll, in 5000 F. Höhe dagegen 24,797 steht, so soll man $\frac{30}{24,797} - \frac{24,797}{30} = 1,21 - 0,826 = 0,384$ mit 45 multipliciren, um die Wärme-Abnahme in 5000 F. Höhe in Fahrenh. Grade zu erhalten, oder mit 20, um sie in Réaum. Graden zu erhalten. Darnach wäre nun

in 5000 F. Höhe die Wärme = − 7,7 R. = + 14,8. F.
in 10000 F. . . . . = − 15,6 = − 3,1. F.
in 20000 F. . . . . = − 33,6 = − 43,6. F.

Wegen dieser mindern Wärme stehe das Barometer um $\frac{1}{480}$ für jeden Fahrenh. oder um $\frac{1}{213,3}$ für jeden Réaum. Grad niedriger als es sollte, und er setzt daher die in 5000 Fuſs Höhe gefundene Barometerhöhe = 24,797, um $\frac{17,2}{480} \cdot 24,797 = 0,888$ herab; die auf 10000 Fuſs gefundene = 20,499, um

$$\frac{35,1}{480} \cdot 20,499 = 1,497$$

herab, und so ferner[2].

Daniell sucht dann die Frage zu beantworten, wie sich diese Barometerstände ändern würden, wenn in der untern Station die Wärme von 32° auf 48° Fahrenh. stiege. Auf 0 Fuſs Höhe, wo noch immer die ganze Atmosphäre lastet, bleibt der Druck = 30 Zoll; aber die untere wegen erhöhter Wärme leichtere Luft giebt bei 5000 Fuſs keine so starke Abnahme der Barometerhöhe[3], und das Barometer steht in 5000 Fuſs nun höher.

1 Die auch im Art. *Erde*. Th. III. S. 1018. angeführt ist.

2 Ich verstehe den Grund dieser Rechnung nicht ganz. Erstlich hat Daniell statt der von mir berechneten Abzüge 0,848 und 1,393, zweitens müſste man nach meiner Meinung nur die Mittelwärme der ganzen Luftsäule nehmen, also nur etwa halb so viel subtrahiren.

3 Nach meiner Ansicht sollte man das Gewicht der zwischen 0

Nach diesen Ueberlegungen und unter der Voraussetzung, daſs am Pole die Wärme an der Erde = 0° F. am Aequa-tor 80° F. sey, berechnet er die in gleichen Höhen ungleichen Barometerstände am Pole und am Aequator,

dort in	5000 F. Höhe =	23,597	bei	— 18,5 Wärme.
in	20000 F. . .	11,411	. .	— 82,1
hier in	5000 F. . .	24,342	. .	+ 64,4
in	20000 F. . .	13,043	. .	+ 12,8

Daraus entstehen nun Luftströmungen, deren Berechnung ich um so weniger weiter verfolge, da mir schon bei dem bisher Angeführten manche Zweifel aufgestoſsen sind.

Endlich gehört hierher doch auch noch DALTON's Ansicht von der Mischung verschiedener Luftarten. Nach dieser Ansicht sind die vier Stoffe, die sich in der Atmosphäre finden, Sauerstoffgas, Stickgas, kohlensaures Gas und Wasserdämpfe so ausgetheilt, wie sie es seyn würden, wenn jeder dieser Stoffe allein da wäre, und einer nicht auf den andern wirkte. BENZENBERG hat theils aus DALTON's Angaben, theils aus daran geknüpften Schlüssen Folgendes hergeleitet[1].

Nach den in unserer Atmosphäre vorhandenen Quantitäten der verschiedenen Luftarten kann man für mittelmäſsig feuchte Luft annehmen, daſs unter dem Drucke jeder einzelnen dieser vier Atmosphären das Barometer am Meere folgende Höhen zeigen wird

Stickluſt	21,2336	Zoll
Sauerstoffluſt	6,4986	
Kohlens. Luſt	0,0278	
Wasserdämpfe	0,4200	
	28,18	Zoll.

Der barometrische Höhen-Coefficient würde für diese vier Atmosphären in eben der Ordnung seyn

---

in 5000 liegende Säulen, welches = 30 — 23,949 nach DANIELL's Rechnung war, um $\frac{16}{450}$ herabsetzen, also die Barometerhöhe um 24,151 . $\frac{1}{30}$ = 0,202 erhöhen, wodurch sie 23,949 + 0,202 = 24,151 würde; DANIELL hat aber nur 24,072. Die Wärme-Abnahme müſste also hier $\frac{30}{24,072} - \frac{24,072}{30} = 0,444$ mult. mit 45 seyn = 19,98; aber DANIELL hat dafür nur 16,6 statt vorhin 17,2.

1 G. XLII. 164.

58186; 50579;
37592; 80565;

und hieraus berechnet Benzenberg eine Tafel, woraus ich nu
einige Zahlen entlehne.

Barometerstände in verschiedenen Höhen.

Höhe über d. Meere	Stickluft.	Sauerst. Luft.	Kohlensaur. Luft	Dämpfe.	Summe nach Dalton.	nach d. gewöhnl. Theor.	Diff.
0	21,234	6,498	0,028	0,420	28,180	28,180	0,00
10000	14,294	4,122	0,015	0,316	18,747	18,767	0,02
20000	9,623	2,614	0,008	0,237	12,482	12,498	0,01

Hier zeigt sich also ein Unterschied von 0,02 Zoll = 0,24 Lin
welches allerdings in einer Höhe, wo das Barometer nur 12 Z
hoch steht, 30 Fuſs betrüge. Aber wir werden bald sehe
daſs die Höhenbestimmungen noch nicht so genau sind, da
wir aus Vergleichung der Beobachtungen entdecken könnten, o
diese, der Dalton'schen Theorie gemäſse Abweichung von de
gewöhnlichen Berechnung statt fände, und es scheint mir dah
völlig überflüssig, die Frage, ob Dalton Recht habe ode
nicht[1], weiter zu erörtern.

Untersuchungen über einige noch erforderliche Correctionen bei den berechneten Höhen.

Unsere Theorie der Höhenmessungen setzte voraus, da
die Luft vollkommen trocken sey, daſs die Wärme entwede
überall gleich oder wenigstens so ausgetheilt sey, daſs man di
Mittelwärme als überall herrschend ansehen könne, und da
keine zufälligen Ungleichheiten, kein Wind, kein Steigen ode
Fallen des Barometers an einem Orte statt finde. Alle dies
Umstände sind aber in der Natur nicht so vollkommen, wie di
Bequemlichkeit der Rechnung es wünschen lieſse, vorhanden.

1. Was zuerst die in der Luft enthaltenen Dämpfe betriff
so würde sich darüber, wenn nur der hygrometrische Zustan

1 Eben der Meinung ist Tralles, der übrigens sehr nahe ebe
die Differenz, wie Benzenberg findet. G. XXVII. 446. Vergl. *Atmosphäre.* Th. I. S. 488.

ızen Luftsäule genau bekannt wäre, eine regelmäſsige
ng führen lassen. Allemal ist der gesammte Druck $= P$,
ı die Luft ausübt, der Summe der elastischen Kraft der
ı Luft, und der in ihr enthaltenen Dämpfe gleich, und
er letztere $= F$ heiſst, so ist der erstere $= P - F$; die
keit der aus Luft und Dämpfen gemischten Masse wird
folgende Weise berechnet. Heiſst D die Dichtigkeit
er Luft, wenn sie von dem Gewichte P comprimirt ist,
$D \cdot \frac{P-F}{P} = D\left(1 - \frac{F}{P}\right)$ die Dichtigkeit der in der
ıen Mischung enthaltenen Luft; die Dämpfe dagegen ha-
emal, wenn sie ihre gröſste Dichtigkeit besitzen, eine
keit $= \frac{5}{8}$ der gleichen Druck ausübenden Luft. Neh-
ir also zuerst an, die Dämpfe in der Luft besäſsen den
n Grad der Dichtigkeit, $= \frac{5}{8} \cdot D \cdot \frac{F}{P}$, so wäre statt D
en

$$D\left(1 - \frac{F}{P} + \frac{5}{8} \cdot \frac{F}{P}\right) = D\left(1 - \frac{3}{8}\frac{F}{P}\right),$$

müſste aus Beobachtung gegeben seyn. Wir wollen, da
ısre Rechnungen den Nullgrad der Temperatur als Nor-
ıtand voraussetzen, F so groſs ansetzen, wie es einem
e angemessen ist, der eine mittlere Dichtigkeit hätte, oder
dichteste Dampf bis 0° R. einen Druck $= 0{,}1282$ Zoll
, hier $F = 0{,}0641$ setzen; dann hätten wir statt D nun
$- \frac{3}{8} \cdot \frac{0{,}0641}{28}\Big) = D\,(1 - 0{,}000858)$ und der barometri-
Coefficient ginge aus 56385,5 in 56385,5 $(1 + 0{,}000858)$
433,9 Fuſs = 18332 Meter über. So würde man ihn also
ıchen können, wenn man Luft von mittlerer Feuchtigkeit
° R. voraussetzte [1], und bei Beobachtungen, wo keine hy-

Biot setzt die Dichtigkeit des Dampſs $= \frac{5}{7}$, also statt D,
$- \frac{F}{P} + \frac{5}{7}\frac{F}{P}\Big) = D\left(1 - \frac{2}{7}\frac{F}{P}\right)$, er setzt ferner $F = 0{,}005122$ Me-
r Dampf von gröſster Dichtigkeit bei 0° R., also $F = 0{,}002561$
ıittelmäſsig feuchte Luft, und demnach

$$D\left(1 + \frac{2}{7} \cdot \frac{0{,}002561}{0{,}76}\right) = D\,(1 + 0{,}0009628);$$

rch der Coefficient aus 18316,22 Meter in 18333,86 Meter über-
, das ist in 56440 Fuſs; und Biot bemerkt nun, da Ramond aus

grometrische Bestimmung gegeben ist, verdient dieser Coefficient den Vorzug, ja man dürfte ihn noch um etwas erhöhen, weil der Mittelzustand der Luft sich gewiſs mehr zur gröſsten Feuchtigkeit, als zur gröſsten Trockenheit hinneigt, und so bewährt sich Ramond's aus Vergleichen barometrisch berechneter und wirklich gemessener Höhen hergeleiteter Coefficient, = 56446 Par. Fuſs, als sehr wohl dem mittlern Feuchtigkeitszustande der Luft entsprechend.

Aber nicht bloſs für die Temperatur = 0, müssen wir diese Berücksichtigung der Dämpfe anbringen, sondern auch bei jeder andern Wärme. Da nun die Elasticität des Dampfs[1] bei gröſster Dichtigkeit von 0,1282 Zoll bis auf 0,8500 Zoll für die nächsten 20 Grade über Null wächst, so hätte man ungefähr für jede Wärme = t; 0,1282 + t . 0,03609 oder bei mittlerer Dichtigkeit = 0,0641 + t . 0,01804. Darnach also müſste bei irgend einer Wärme das für trockne Luft geltende D′ in

$$D' \left(1 - \tfrac{3}{8}\frac{F}{P}\right) = D' \left(1 - \tfrac{3}{8} \cdot \frac{0,0641}{28} - \tfrac{3}{8} . t . \frac{0,01804}{28}\right)$$
$$= D' (1 - 0,000858 - t . 0,000242)$$

übergehen, oder da D′ auch für trockne Luft schon

$$= D (1 - t . 0,004688) = D \left(1 - \frac{t}{213,3}\right) \text{ war, in}$$
$$D (1 - 0,000858 - t (0,004688 + 0,000242))$$

übergehen, wofür man D (1 — 0,000858) (1 — t . 0,00493) setzen darf[2]. Will man also bei jeder Höhenmessung die Feuchtigkeit der Luft als ungefähr in der Mitte zwischen Trockenheit und gröſster Feuchtigkeit stehend ansehen, so müſste die oben angegebene, auf trockene Luft bezogene Formel

$$h - H = 56385 . K \left(1 + \frac{1}{213,3} \cdot \left(\frac{T' + t'}{2}\right)\right) \log. \frac{P''}{P'''}$$

---

barometrischen Höhenmessungen 18336 Meter finde, so diene dieses zum Beweise für die Richtigkeit der Angaben, welche der theoretischen Rechnung zum Grunde liegen.

1 S. Th. II. S. 351.

2 Biot findet, indem er andre Experimente zum Grunde legt, D′ (1 — 0,0009628) (1 — 0,0001627 . t′) für Centesimalgrade, also D′ (1 — 0,0009628) (1 — 0,000203 . t′) für Réaumürsche Grade. Ich habe mich hier, da eine vollendete Genauigkeit doch noch nicht möglich ist, an die im Art. *Dampf* Th. II. S. 351. angegebenen Zahlen gehalten.

in $h - H = 56434 . K\left(1 + 0{,}00493 . \left(\frac{T' + t'}{2}\right)\right) \log . \frac{P''}{p''}$,

erwandelt werden, und dafür setzt man genau genug

$$h - H = 56434 . K\left(1 + 0{,}005 . \left(\frac{T' + t'}{2}\right)\right) \log . \frac{P''}{p''}.$$

der könnte auch den Ramond'schen Coefficienten 56446 beiehalten, da eine Unsicherheit, die mehr als 12 Fuſs beträgt, aus em schwankenden Feuchtigkeitszustande der Luft hervorgeht[1].

Obgleich es immer schwer bleiben wird, die Feuchtigkeit ler einzelnen Theile der zwischen beiden Stationen liegenden uftsäule zu bestimmen, so scheint mir doch die Beantwortung r Frage, wie man die Angabe des Hygrometers hier in Beachtung ziehen könne, noch einen Platz zu verdienen. Ich hme daher an, man habe in beiden Stationen den Thaupunct, s heiſst diejenige Wärme, bei welcher die Dämpfe sich an sten Körpern niederschlagen, beobachtet, und sehe das aus esen Beobachtungen genommene Mittel als für die ganze Luftule geltend an. In diesem Falle wäre es am angemessensten, Rechnung zuerst ganz so zu führen, wie sie für vollkommen ckne Luft geführt werden müſste, und dann den nöthigen rrectionsfactor beizufügen. Es sey also bei der vorhin bechneten Messung die Wärme $= 9{,}25$ R., und die Wärme, bei nasser Niederschlag entstand, der Condensationspunct der mpfe $= 6°$ R. Für Dämpfe von 6° Wärme ist bei gröſster chtigkeit die Elasticität $= 0{,}234$ Zoll, und da bei jener Beobtung der Druck im Mittel zwischen beiden $= 23{,}485$ Zoll rug, so müſsten wir davon 23,251 der trocknen Luft zureiben und ihre Dichtigkeit $= D'$, die Dichtigkeit der Däm-

1 Wenn man diese Rücksicht bei dem oben berechneten Exemdes Pic de Bigorre anwendet, so hätte man $(T' + t')\ 0{,}0025 =$ 625;

$$56446 . 0{,}04625 = 2610{,}63,$$

$$56446 . \left(1 + \left(\frac{T' + t'}{2}\right) 0{,}005\right) = 59056{,}6, \text{ und}$$

56,6 . log. $\frac{P''}{p''} = 8015{,}3$; diese Zahl erhält, wie oben gezeigt ist, h einen additiven Theil $= 23$ Fuſs, wenn man auf den veränlichen Werth der Schwerkraft sieht, und die ganze Höhe ist also

berechnet $= 8038$ Fuſs,

trigonom. gemess. $= 8044$ Fuſs.

pfe $= \frac{3}{8} \cdot \frac{0,234}{23,251} D'$ setzen, und $\left(1 - \frac{3}{8} \cdot \frac{0,234}{23,251}\right) D'$ wäre der Coefficient für die berichtigte Dichtigkeit oder

$$\left(1 + \frac{3}{8} \cdot \frac{0,234}{23,25}\right) = 1,00377,$$

oder wenn die Beobachtung wirklich auf dem Pic de Bigorre ganz so statt gefunden hätte, so müſste man die für trockne Luft gefundne Höhe = 8008, noch mit 1,00377 multipliciren, oder in 8038 verwandeln. Das stimmte genau mit der so eben für mittlere Feuchtigkeit berechneten Höhe überein. Hätte dagegen der Condensationspunct bei 9 Grad gelegen, oder wäre die Luft fast im höchsten Grade feucht gewesen, so hätte man[1] $\left(1 + \frac{3}{8} \cdot \frac{0,31}{23,25}\right) = 1,005$ setzen, also 8008 in 8048 verwandeln müssen. — Dieses zeigt ungefähr, wie viel bei nicht sehr hoher Temperatur die Unsicherheit wegen des Einflusses der Feuchtigkeit betragen kann, und wiefern man, vorzüglich bei hohen Temperaturen und starken Abweichungen von dem mittlern Feuchtigkeitszustande das Hygrometer zu berücksichtigen Ursache hat.

Die Untersuchung, wie man auf die Feuchtigkeit Rücksicht nehmen solle, hat in der neuesten Zeit mehrere Physiker beschäftigt. Aus Daniell's oben genannter Schrift muſs ich wenigstens etwas ausheben. Daniell sucht im zweiten Abschnitte seiner schon oben angeführten Abhandlung die Untersuchung über den Barometerstand so zu führen, wie sie einer reinen Dampfatmosphäre entspräche. Er nimmt bei 32° F. die Dichtigkeit des Wasserdampfs von 0,200 Zoll engl. Spannkraft $= \frac{1}{240,8}$ an, die Dichtigkeit trockner Luft = 1 gesetzt. Der barometrische Coefficient müsse also, da die Dichtigkeit dieses Dampfs = $\frac{1}{2528400}$ der Dichtigkeit des Quecksilbers und 0,2 Zoll der Druck ist,

$$= 10500 \cdot 240,8 \cdot 0,2 \text{ Zoll} = 505680 \text{ Zoll}$$
$$= 42140 \text{ Fuſs}$$

seyn, und so finde man in 5000 Fuſs Höhe den Druck der bloſsen Dampfatmosphäre, = 0,177 Zoll; aber diese Elasticität des Dampfs entspreche der Temperatur von 28,5 Graden F., die da-

1 Nach der Tafel Th. II. S. 351.

her jener Höhe angehören werde. Auf ähnliche Art rechnet er für andere Wärmegrade und giebt, indem er jedem Breitengrade eine angemessene mittlere Wärme beilegt, den Zustand der Dampfatmosphäre in verschiedenen Breiten. Dieser hypothetische Zustand stimmt indeſs zu wenig mit der Wirklichkeit überein, um dabei zu verweilen. Seine Untersuchungen im dritten Abschnitte, wo eine aus Luft und Dampf gemischte Atmosphäre vorausgesetzt wird, gehören mehr hieher. Wenn die Luft zuerst trocken die Erde umgäbe, nun aber aus dem die Oberfläche der Erde umgebenden Wasser Dämpfe aufnähme, so würde nach Daniell's Angabe folgende Aenderung statt finden, wo alles sich auf englisches Maſs uud Fahrenh. Grade bezieht. Die Temperatur war in 0 F. Höhe 77°.

Höhe	Temperatur	Barom. ohne Dämpfe	Barom. nach Eintr. d. Dämpfe.	Thaupunct.
0	76,8	30,000	30,139	65
5000	61,1	25,214	25,348	52
10000	44,9	21,193	21,318	32
20000	9,3	14,970	15,079	0

Die Schlüsse, worauf diese Tafel beruht, sind zu zusammengesetzt, um hier Platz zu finden[1].

Daſs man sich nicht begnügen darf, nach mittlern Feuchtigkeitsgraden zu rechnen, wie Benzenberg es angiebt[2], brauche ich kaum zu erwähnen. Es ist nämlich ganz gewiſs, daſs es im Juli und August trockne Tage und im Januar und Februar feuchte Tage geben kann, und daſs an jenen, der Wärme ungeachtet, die Berichtigung wegen der Feuchtigkeit viel weniger betragen kann, als Benzenberg findet.

2. Ich komme jetzt zu einem Umstande, um dessen willen ist eine sehr bedeutende Correction nöthig seyn würde, wenn es nur nicht so schwer wäre, die Data durch Beobachtung zu erhalten, deren wir bedürften, um diese Correction anzubringen. Dieser Umstand ist die ungleiche und auf eine sehr

---

1 Hieher gehörige Bemerkungen finden sich in Annals of Philos. New. Series Vol. X. p. 48. und im Edinb. philos. Journal. T. XI. 50. XIII. 224.

2 Benzenb. höhere Rechenkunst und Trigonometrie. (Düsseldorf. 1813.) S. 504. 514.

mannichfaltige Weise wechselnde Abnahme der Wärme in der Höhe. Wenn auch die beiden Beobachtungspuncte als in einer verticalen Säule über einander liegend angesehen werden könnte, so ist es doch selten richtig, daſs die ganze Luftsäule so anzusehen sey, als ob ihre Wärme der Mittelwärme zwischen den in beiden Endpuncten beobachteten Temperaturen gleich wäre, und es läſst sich in Beziehung hierauf gar keine feste Regel geben, weil die Wärmeabnahme in der Höhe nach den Jahreszeiten und nach den Tageszeiten, selbst an einerlei Orte, ungleich ist. Wir besitzen hierüber noch nicht Beobachtungen genug, können aber doch Folgendes als gewiſs festsetzen.

Man nimmt gewöhnlich an, daſs die Wärme in der Höhe ziemlich gleichförmig abnimmt, und obgleich die im Art. *Erde*[1] angeführten Erfahrungen schon zeigen, daſs die Gröſse der Wärmeabnahme in verschiedenen Jahreszeiten und an verschiedenen Orten ungleich ist, so würde doch dieses, wenn man Beobachtungen im höchsten und tiefsten Puncte vor sich hat, keine groſse Unsicherheit in der Bestimmung der Höhe geben. Etwas mehr Abweichung von der Wahrheit würde die angenommene Mittelwärme schon geben, wenn D'AUBUISSON's[2] Bestimmung der Wärmeabnahme richtig wäre; denn wenn von 0 bis 3000 Fuſs Höhe die Wärme auf jede 522 Fuſs um 1 Centes. Grad abnimmt, von 3000 bis 6000 Fuſs auf jede 905 Fuſs, von 6000 bis 9000 Fuſs Höhe auf jede 714 Fuſs, von 9000 bis 12000 F. Höhe auf jede 403 Fuſs, ebenso viel abnimmt, so hätte man

in 0 Fuſs Höhe, F. Wärme = a
3000 F. Höhe . . . . . . = a — 5,75 Grad
6000 F. Höhe . . . . . . = a — 9,06
9000 F. Höhe . . . . . . = a — 13,26
12000 F. Höhe . . . . . . = a — 20,70

Hier ist leicht zu übersehen, daſs man für die Mittelwärme = a — 10,35 den Correctionsfactor $= 1 + \frac{a - 10,35}{266,6}$, (weil $\frac{1}{213,3}$ für 1° R. giebt $\frac{1}{266,6}$ für 1° C.) setzen müſste, statt daſs er richtiger, wenn man Stationenweise die Mittelwärme

---

1 Th. III. S. 1008.
2 Th. III. S. 1017.

a — 2,87, a — 7,40,
a — 11,16, a — 16,98

...hte und aus diesen das Mittel nähme, $= 1 + \frac{a - 9,6}{266,6}$ seyn ...rde. Dieſe Ungleichheit betrüge auf 12000 Fuſs Höhe etwa ... Fuſs. Aber dieſe Ungleichheit, die aus Vorausſetzung einer ...ichmäſsig abnehmenden, und einer nach d'Aubuisson's An... ungleichförmig abnehmenden Wärme hervorgeht, iſt noch ...cht die erheblichſte, ſondern eine viel gröſsere geht dadurch ...vor, daſs die Wärme der untern Schichten ſo ſehr wechſelnd ... Nach den theils von mir ſelbſt angeſtellten, theils von Pi...tt und Six ſchon früher bekannt gemachten Beobachtungen, ...mt die Wärme nicht immer von der Erde an in den näch... über der Erde liegenden Schichten ab, ſondern oft ſind ...e Schichten wärmer, als die untern, und daraus eigentlich ...ären ſich Saussüre's Beobachtungen über die nach den Ta...zeiten wechſelnden Ungleichheiten der Wärmeabnahme[1]. In ...Mittagsſtunden iſt die Erdfläche in der Ebene ſehr erhitzt, in ...ſer Höhe dagegen, z. B. in 10000 Fuſs Höhe hat die Luft ...t in gleichem Maſse an Wärme zugenommen, die Wärme...renz iſt alſo gröſser, und die Höhe, welche 1 Grade ...rmedifferenz zugehört, iſt kleiner als zu jeder andern Zeit. ...ch Sonnenuntergang dagegen und während der Nacht kühlt ... die Ebene ſtark ab, und bringt die Wärme der benachbar... Luftſchichten ſehr herab, ſtatt daſs in höhern Gegenden der ...terſchied der Temperatur nicht ſo groſs iſt. Dieſe Ungleich... der Temperatur findet aber vorzüglich in den Schichten ..., die nicht ſehr hoch über der Ebene liegen, und bringt in ... Beſtimmung des Gewichts der ganzen Luftſäule eine Unge...ſheit, über welche die Beobachtungen in dem höchſten und ...ſten Puncte nichts entſcheiden. Iſt zum Beiſpiel, wie es bei ...s Beobachtungen im Winter einmal ſtatt fand[2], die Wärme ...nds in 3 Fuſs Höhe über dem Boden 14° F. in 220 F. ...he = 25° F., und nehmen wir nun für eine gröſsere Höhe, ... 4020 Fuſs die Wärme ſo an, wie ſie im Winter bei einer ...derung von 1 Centes. Grad auf 95 Toiſen Höhe[3] etwa ſeyn

1 Art. *Erde* Th. III. S. 1011.
2 Brandes Beob. über die Strahlenbrechung. S. 37.
3 Art. *Erde* Th. III. S. 1013.

müſste, = 2° F. so ergäbe beim gewöhnlichen Höhenme
sen mit dem Barometer, die Beobachtung im tiefsten u
höchsten Puncte die Mittelwärme der ganzen Luftsäule
8° F. = — $10\frac{2}{3}$° R., und man würde sich berechtigt gl
ben, anzunehmen, daſs diese Luftsäule von 4020 Fuſs H
ebenso viel wiege, als eine von $4020\left(1+\frac{10,7}{213,3}\right) = 42$
Fuſs hoch bei 0 Gr. Wärme. Aber nehmen wir die auf 220
angestellte Beobachtung hinzu, und setzen auch voraus, w
nicht einmal richtig seyn kann, daſs gerade bis hierher die W
me zunahm, und dann abnahm, so erhalten wir die mittl
Temperatur des untern Theils = $19\frac{1}{2}$ Gr. F. = — $5\frac{5}{9}$ R., (
obern Theils = $13\frac{1}{2}$° F. = — $8\frac{2}{9}$° R., und das Gewicht (
ganzen Luftſäule so groſs als das einer

$$220\left(1+\frac{5\frac{5}{9}}{213,3}\right) + 3800\left(1+\frac{8\frac{2}{9}}{213,3}\right) = 4172 \text{ Fuſs h}$$

hen Luftsäule von 0° Temperatur. Und diese um $\frac{1}{85}$ vom Vo
gen abweichende Angabe muſs doch noch erheblich von (
Wahrheit entfernt seyn; denn da die Wärme in 9 Fuſs Hö
schon 16 Grad war, so können wir mit groſser Wahrschei
lichkeit annehmen, daſs sie in 30 Fuſs Höhe 19 Grad war, u
die Mittelwärme für die unteren 220 Fuſs mochte vielleicht
Gr. Fahrenh. oder — 4° R. betragen. Die Correction ergi
sich noch mehr abweichend, wenn man annimmt, wozu m
wohl berechtigt ist, daſs jene gröſsere Wärme sich noch ül
220 Fuſs hinaus erstreckte.

Schon de Luc[1] hat die Unrichtigkeit bemerkt, die aus di
ser Ungleichheit der Temperatur bei Beobachtungen vorzügl
zur Zeit des Sonnenaufgangs entsteht; er schreibt aber unrich
diesen Fehler dem zur Zeit des Sonnenaufgangs statt findend
Ostwinde zu, und bemerkt, daſs wenn ein anderer Wind weh
diese Unrichtigkeit geringer ausfällt. Bei trübem Wetter ha
er keine Beobachtungen angestellt, sonst würde er wahrschei
lich gefunden haben, daſs bei trübem Himmel und einig
Winde keine so erhebliche Abweichungen um die Zeit des So
nenaufgangs statt finden, indem dann die höhern Luftschich
nicht so erheblich wärmer sind als die unteren.

1 Untersuchungen über die Atmosphäre. (Leipzig. 1778). Th.
S. 69. 132.

hnliche, aber entgegengesetzte Unrichtigkeit geben c, die Beobachtungen in den mittlern Tagesstunden, die Höhe zu groſs angeben. Hier ist nämlich[2] die ne an der Erde zu groſs, und man braucht nur um se aufzusteigen, um eine geringere Temperatur zu mmt man also zwischen der in 3 Fuſs Höhe und in Höhe beobachteten Wärme das Mittel, so ist dieses die wahre mittlere Wärme der Luftsäule. Meine gen zeigen, daſs diese mittägliche Differenz der Wärso groſs ist als an heitern stillen Tagen die Differenz e in verschiedenen Höhen nach Sonnenuntergang. en Beobachtungen nämlich ist kurz nach Sonnenunter- Differenz in den untern Luftschichten am gröſsesten, diente die nähere Bestimmung des ganzen Fortganges derungen wohl durch eine eigne Reihe von Beobachtersucht zu werden[3].

ND, Delcros und D'Aubuisson haben auf diesen d sehr geachtet, aber keine sichere Regel, um dieser eit auszuweichen, angeben können. Ramond fand[4] eobachtungen sein Beobachtungszimmer zu Barèges über Dangos in Tarbes am kleinsten = 907 Meter um 10 ds, am gröſsesten = 936 Meter um Mittag und noch etwas ürde die Höhe in den dem Mittage folgenden heiſsesten seyn. Ramond schreibt diese Variation vorzüglich dem den und absteigenden Winde zu; aber man kann, glaunit Sicherheit behaupten, daſs die unregelmäſsige Wärme den wichtigsten Einfluſs hat. In den Pyrenäen fand die Beobachtungen ungefähr um $\frac{1}{48}$ der ganzen Höhe nder abweichend, und glaubt daher, wenn man Abendtungen oder Morgenbeobachtungen benutzen wolle, so nan den Coefficienten um $\frac{1}{72}$ ändern, dagegen um $\frac{1}{144}$ egengesetzten Sinne, wenn man Beobachtungen in den

. a. O. S. 131.

Vergl. Brandes Beob. über die Strahlenbrechung. S. 34. D'Auim Journ. de Phys. LXXI. 26.

Daſs auch die in den Mannheimer Sammlungen mitgetheilten tungen auf dem Gotthard und in Genf eben diese Ungleichen, habe ich in meinen *Beiträgen* zur Witterungskunde. S. nerkt.

Mémoires sur la formule barométrique. pag. 41. 96.

heiſsesten Tagesstunden der Berechnung unterwerfe. Diese Co rection scheine für groſse Höhen geringer, als für kleine, u sey von Localität und Jahreszeit abhängig, bemerkt Ramon und allerdings muſs sie in groſsen Höhen geringer werden, w die Unregelmäſsigkeit am gröſsten ist in den niedrigsten Gege den der Atmosphäre.

D'Aubuisson hat über die ungleichen Resultate in verschi denen Tagesstunden eine ganze Reihe von Bestimmungen[1] mi getheilt, denen die täglich angestellten Beobachtungen auf de groſsen St. Bernhard und in Genf zum Grunde liegen. Die zeigen, daſs in den trüben und kalten Monaten November u December die Differenz zwischen den Morgenbeobachtungen u Mittagsbeobachtungen klein, dagegen in den heiſsen Mona groſs sind; und es läſst sich daher wohl vermuthen, daſs d Tage, an welchen die Morgenwärme und Mittagswärme se verschieden sind, die gröſsten Differenzen geben.

Berechnete Höhe aus 3 Beobachtungen bei Sonnenaufgang
um 2 Uhr.

Januar	—	2058	—	2091
Februar	—	2065	—	2104
März	—	2093	—	2130
April	—	2058	—	2119
Mai	—	2080	—	2132
Juni	—	2074	—	2147
Juli	—	2084	—	2119
August	—	2075	—	2137
September	—	2068	—	2117
October	—	2071	—	2095
November	—	2061	—	2076
December	—	2062	—	2081
Mittel		2071		2112

Eynard's Berechnung aus vier Jahrgängen von Beobachtun gen ergeben fast genau dieselben Mittelzahlen.

Aehnliche Untersuchungen von Delcros[2], geben zwische

1 Géognosie, am Ende des ersten Theils. Die im 71. Th. S. des Journ. de Phys. mitgetheilten Beobachtungen, die ein eben sol ches Resultat geben, übergehe ich.

2 Annales de Ch. et Phys. VIII. 95. und Biblioth. univers. VII. 2

ıbeobachtungen und denen von 8 Uhr früh eine Diſ-
3 Meter auf 264 Meter, also $\frac{1}{90}$ des Ganzen bei so
öhe und dieses im November, wo der Einfluſs der
ı nicht der gröſste ist.
urssox's Rath[1], die Beobachtungen zur Höhenmes-
ıns um 8 Uhr und Nachmittags um 4 Uhr anzustellen,
: sehr angemessen; dieses ist so ziemlich die Zeit, da
lmäſsigkeit der Wärmescale am unbedeutendsten ist.
er Coefficient = 18312, für die Mittagsbeobachtun-
chtet sey, so müsse man ihn um 0,011 vermehren und
Meter setzen, damit er für solche Beobachtungen pas-
e. Um dagegen einen für alle Tageszeiten nicht zu
ichenden Coefficienten zu haben, sey 18312 . 1,0044
zu nehmen.
vie aus meinen Beobachtungen der Strahlenbrechung
n den stillen Sommerabenden, welche heitern Tagen
Wärme in den der Erde nahen Schichten oft fast in
enblicke eine andre ist, so müssen zu dieser Zeit die
ngen am allermeisten unsicher werden. Ja sie müssen
mehr seyn, wenn sich solche ungemein warme Luft-
in der Höhe befinden, wie sie ohne Zweifel dann
ı seyn müssen, wenn die ungewöhnlichen Luftspiege-
ıtt finden[2]. An diese Verbindung der Wechsel in der

---

rn. de Phys. LXXI. 6.

ſs die oberwärts wiederholten Bilder eine groſse Wärme der
ftschichten andeuten, glaube ich in den Beobachtungen über
enbrechung S. 122. hinreichend gezeigt zu haben; aber
ıe hat auch solche heiſse Luftschichten in der Höhe beob-
ie man im Mastkorbe brennend heiſs empfand, während
Verdeck die Wärme mäſsig war. Diese Beobachtung ward
ıste von Korea angestellt. Vielleicht muſs hieraus auch Ra-
obachtung (S. 53.) erklärt werden, daſs man bei Gewittern al-
Höhe zu klein und 20 bis 40 Meter zu klein findet. Giebt
wittern, (eigentlich wohl vor ihrem Ausbruche, wie ich aus
ıngen der Strahlenbrechung schlieſse) heiſse Luftschichten
öhe, so ist die Luftsäule leichter, als unsere unten und auf
en beobachteten Temperaturen sie angeben; wir berechnen
Höhe zu klein. Ramond scheint selbst hierauf hinzudeuten,
r les agitations secrètes de l'atmosphère, qui invertissent à
u l'ordre dans lequel décroissent de bas en haut la chaleur
nsité de l'air, als die gröſseste Ursache der ungleichen Re-
ngiebt. (S. 54.) Vergl. Art. *Hagel*.

Strahlenbrechung mit den Wechseln in der Wärme-Abnahme der höhern Luftschichten, lieſse sich eine Beobachtungsreihe knüpfen, die für die Lehre vom barometrischen Höhenmessen wohl nicht ohne Nutzen seyn würde, da sie ziemlich geradezu das bisher Gesagte bestätigen oder widerlegen könnte. Man sollte nämlich Beobachtungen des Barometers durch eine Reihe von Tagen von Stunde zu Stunde anstellen, damit aber in dem untern Standpuncte Beobachtungen der irdischen Strahlenbrechung, etwa so angeordnet, wie es meine Beobachtungen waren, verbinden. Kannte man nun die wahre Höhe der Gegenstände, auf die man in letzterer Beziehung sein Augenmerk gerichtet hatte, so würde man die Zeit aus den Beobachtungen angeben können, wo der Lichtstrahl gerade zum Auge kommt, oder wo der von viel höhern Gegenständen kommende Lichtstrahl so gekrümmt zum Auge gelangt, wie es einer regelmäſsigen Abnahme der Wärme und Dichtigkeit der Luft gemäſs ist; und diese Zeitpuncte müſsten dann, abgesehen von andern Fehlern, diejenigen seyn, wo Rechnung und Beobachtung am besten übereinstimmten; ja es lieſsen sich dann wohl an diese verbundenen Beobachtungen genauere Untersuchungen über die in jedem Zeitpuncte in jeder Höhe statt findende Wärme anstellen. Diese Beobachtungen werden freilich nicht ohne Schwierigkeit seyn; aber gewähren auch vielseitige Aufschlüsse, wenn sie gut und mit Ausdauer ausgeführt werden.

Man würde dabei wohl thun, auch das Hygrometer mit zu berücksichtigen; denn da auch der Feuchtigkeitszustand der obern und untern Luft im Laufe des Tages regelmäſsigen Wechseln unterworfen ist, so ist einiger Einfluſs dieser Verschiedenheit wohl zu vermuthen, indeſs scheint dieser nicht die Hauptsache zu seyn.

3. Zu diesen Schwierigkeiten, die einer genauen Höhenmessung im Wege stehen, kommen nun noch andre, die von dem horizontalen Abstande der Orte von einander abhängen. Selbst wenn die beiden Orte auch nur einige Meilen von einander entfernt sind, so sind doch die Aenderungen des Barometerstandes nicht so gleichzeitig, daſs man nicht beim Steigen oder Fallen des Barometers eine Ungleichheit bemerken sollte. Parrot und Engelhardt fanden bei ihrem zu Bestimmung der Höhe des Caspischen Meeres angestellten Nivellement eine auf solche Ursachen beruhende Abweichung ihrer zweiten Messung von

, welche bei nicht vollen 4 Meilen Entfernung eine
'on 18,8 Toisen betrug[1].
ʀᴅ und Fᴀᴠʀᴇ fanden bei ihren in Genf und Rolle
ı Beobachtungen sehr groſse Ungleichheiten, obgleich
fast in gleicher Höhe, nämlich der eine nur 15,7
ɜr als der andre, lagen und die Entfernung nur 99600
g. Selbst die Mittel aus den Mittagsbeobachtungen
onate schwanken zwischen 2 Meter und 33 Meter[2].
er sehr der Mühe werth, die genauen Umstände jeder
Beobachtung zu kennen. Aehnliche Beispiele lieſsen
en in Cork und nahe bei Cork in Irland angestellten
ngen[3] hernehmen, vorausgesetzt, daſs man sich auf die
it derselben verlassen kann. Daſs diese Differenzen
Richtung des Windes in Verbindung stehen, scheint
seinen Beobachtungen in Mühlheim im Breisgau zu-
rkt zu haben, indem er diese mit Beobachtungen in
in Carlsruhe verglich. Wenn der Wind aus den Rich-
vischen Süden und Westen wehete, so ergab sich die
südlich liegenden höheren Ortes zu klein, und um-
ɔei nördlichen und nordwestlichen Winden zu groſs,
also, das Barometer stand an dem Orte, von welchem
Vind kam, höher, als es nach Maſsgabe der Beobach-
dem Orte, wohin er ging, hätte stehen sollen; dieses
viel, daſs jene zwischen 880 und 909 Fuſs, diese zwi-
7 und 984 Fuſs schwankte[4]. Ich selbst habe, ohne
ese Beobachtungen von Wɪʟᴅ zu kennen, eine groſse
n Beobachtungen berechnet, die auf dem St. Gotthard,
ınd in Padua angestellt worden, und die in den Mann-
meteorologischen Ephemeriden mitgetheilt sind[5]. Sie
auf eine gar keinem Zweifel unterworſene Weise, daſs
zu klein ist, wenn der Wind von dem höhern Orte

ʀʀᴏᴛ's und Eɴɢᴇʟʜᴀʀᴅᴛ's Reisen nach dem Caucasus. II. Th.
blioth. univers. 1818. Eine ähnliche Ungleichheit, deren
cht erhellet, findet Sᴄʜᴜᴍᴀᴄʜᴇʀ. (Astr. Nachr. IV. 193.)
ʜᴏᴍsᴏɴ's Annals of Philos. 1819. Febr.
llg. geogr. Eph. 1799. Nov. S. 385.
ʀᴀɴᴅᴇs Beiträge zur Witterungskunde S. 216. Was D'Aᴜʙᴜɪs-
eziehung auf die Differenzen zwischen Beobachtungen an sehr
n Orten sagt, Journ. de Phys. LXXI. 20. scheint mir nicht
l.

herkömmt, oder daſs das Barometer im Allgemeinen an d
Orte zu hoch steht, wo der Wind herkommt. Bei westlich
und nordwestlichen Winden fand sich der Gotthard höher ü
Genf, weniger hoch über Padua, als es der Fall seyn sol
Die Mittel aus sieben Monaten, wo jedoch nur die Tage geno
men wurden, an welchen der Wind eine beständige Richtu
behielt, geben:

80 Tage NW. die Höhe	über Genf	88 F.	zu groſs
	über Padua	48 F.	zu klein
37 Tage SO. die Höhe	über Genf	9 F.	zu groſs
	über Padua	23 F.	zu groſs
30 Tage SW. und S.	über Genf	29 F.	zu klein
	über Padua	11 F.	zu groſs
40 Tage stürmischer Nordwestwind			
	über Genf	98 F.	zu groſs,
	über Padua	74 F.	zu klein,

die seltnern (vielleicht auch schwächern) Südwinde geben k
so genügendes Resultat als die Nordostwinde; aber daſs
sämmtlichen Nordwestwinde eine Differenz von 136, die s
mischen Nordwestwinde eine Differenz von 172 Fuſs gerad
dem angegebenen Sinne ergeben, statt daſs die Südostw
— 14 Fuſs, die Süd- und Südwestwinde — 40 Fuſs geben
gewiſs entscheidend genug, um diesen Einfluſs des Windes
sicher bewiesen, anzusehen. Eine Menge anderer Beobach
gen, die ich in den Beiträgen zur Witterungsurkunde gele
lich angeführt habe, zeigen eben dasselbe.

Ramond's Zusammenstellungen scheinen mir eben da
ergeben, obgleich er diesen Einfluſs der Winde bloſs aus
Ungleichheit ihrer Temperatur erklärt. Clermont-Ferrand
beinahe genau südlich von Paris und etwa 340 Meter höh
Paris. Nach meinen eben erklärten Ueberzeugungen muſs
der Nordwind bei einem in Paris etwas höheren Barometers
statt finden, und die Höhe muſs bei Nordwinden zu groſs ge
den werden. Aus 356 einzelnen Beobachtungen findet Ram
diese Höhe

bei Nordwinde	=	363	Meter.
bei Ostwinde	=	351	—
bei Westwinde	=	330	—
bei Südwinde	=	313.	—

1 a. a. O. S. 121.

Wie sich bei Höhenmessungen eine auf diesen Umstand ssende Correction anbringen laſse, wie diese von der Richtung d Stärke des Windes und von der Entfernung der Orte von ander abhängen müſse, das erhellet zwar hieraus noch nicht; r wir sehen wenigstens, daſs schon dieses Umstandes wegen e bis auf einzelne Fuſse gehende Höhenbestimmung nach den herigen Regeln ganz unmöglich ist, und nur durch Zufall eine lkommene Uebereinstimmung zwischen der barometrisch behneten und der wahren Höhe statt finden kann.

Ramond legt den von der horizontalen Richtung abweichen- Luftströmungen und den Winden, die an Berg-Abhängen auf oder von ihnen herabgehen, einen bedeutenden Einfluſs , und obgleich ich nicht geneigt bin, alles das daraus zu eren, was Ramond daraus erklärt, so ist doch diese Einwirg gewiſs nicht abzuleugnen. Nach Ramond's Meinung[1] bet während der heiſsen Tagesstunden ein aufwärts gerichteter tstrom, aus welchem er die täglichen Oscillationen des Baroers glaubt erklären zu können, dessen Einfluſs auf das Hömessen aber erst dann genauer sich wird bestimmen lassen, n die Wechsel der Wärme in verschiedenen Höhen genau bent sind. Daſs dieser Strom bei den Höhenbestimmungen der, als diese ungleiche Temperatur in Betrachtung kömmt, int schon daraus deutlich hervorzugehen, daſs die Höhenrenzen zu verschiedenen Tageszeiten auffallender sind bei igen Höhen, wo der Luftstrom doch minder verschieden i kann. Auch glaube ich mich doch nicht zu irren, wenn ir scheint, als ob dieser aufwärts gehende Strom unten stär- als oben seyn, und folglich den entgegengesetzten Fehler en Höhenbestimmungen hervorbringen müſste.

Dagegen mögen bei gewissen örtlichen Verhältnissen diese n den Horizont geneigten Winde einen merklichen Einfluſs n. Ramond[2] beobachtete längere Zeit in dem 1290 Meter dem Meere liegenden Thale von Barèges, welches als sehr aler Zwischenraum zwischen Bergen liegt, die noch 1200

[1] Sur la formule bar. p. 89. Andere Betrachtungen, die er p. über die Winde anstellt, scheinen mir nicht gegründet. Das n des Barometers soll bei stürmischem Wetter von einer nicht ontalen Richtung der Winde abhängen; aber oft fällt das Baro- an den Orten am meisten, wo kein Sturm beobachtet wird.

[2] a. a. O. p. 47.

bis 1400 Meter höher sind. Hier müssen daher fast immer h abwärts gehende Winde statt finden, und das um so mehr, die kalte Luft der beschneiten Gipfel an den Abhängen her flieſst. Die Höhe der Beobachtungs-Orte über Tarbes war du ein Nivellement genau bekannt, und es schien der Mühe we mehr als vierhundert in jenem Thale und in Tarbes angeste Beobachtungen zu berechnen. Die Beobachtungen gaben höchst deutende Differenzen, die hier wohl zu erwarten waren; aber ke gab die wahre Höhe, selbst das Mittel aus allen *Mittags*-Be achtungen gab die Höhe um 20 Meter zu klein. Hier st also das Barometer in dem eingeengten, hoch liegenden, Tl zu hoch, wie es der niederwärts gehende Wind forderte. I ses Resultat war um so entscheidender, da die Mittagswärm diesem eingeengten Thale gewiſs gröſser war, als in den gl hohen frei liegenden Luftschichten, und aus diesem Grunde Rechnung, auf eine zu groſse Mittelwärme eingerichtet, Höhe eher zu groſs hätte geben sollen. Und ein directer Geg versuch bestätigte jene Meinung vollkommen. Der Pic du ist 1654 Meter über jenem Puncte des Thales von Barèges, die von 10 bis 1 Uhr angestellte Beobachtung gab im Mittel 1(die Mittagsbeobachtung 1670, also fast eben so viel zu viel, jene zu wenig, wie es seyn muſste. Ramond bemerkt da daſs freie Berghöhen am richtigsten durch das Barometer besti werden.

Bei Orten, die sehr weit von einander entfernt liegen, die Unsicherheit der Bestimmung wegen der nicht gleichzeit Aenderung des Barometerstandes ungemein groſs. Am 24. 1821 um 9 Uhr Abends stand das Barometer in Zürch nu Linien niedriger als in La Chapelle bei Dieppe, obgleich Differenz 10 Linien betragen muſste; man würde die Höhe Zürch über Dieppe also um ganze ⅛ zu klein gefunden hal Am 25. Dec. 1821 gegen Mittag stand in Petersburg das Ba meter 17 Linien höher als in Harlem, obgleich beide Orte gut wie genau gleich hoch liegen[1]. Damit hängen unstreitig die starken Wechsel zusammen, die man bei stürmischem W ter in den Höhenbestimmungen minder entfernter Orte fin

---

1 Brandes de repentinis variationibus in press. aëris observ Lips. Schwickert. 1826.

luch hiezu geben meine Beiträge zur Witterungskunde[1] Bei-
piele, indem unter andern im März 1783 bei stürmischem Wet-
:r die Höhe des Gotthard über Genf folgendermaſsen bestimmt
ard. Am 4. März 5250, am 5. März 4820, am 6. März 5280,
n 7. März 5280, am 8. März 5450, am 9. März 5330, also um
30 Fuſse verschieden. Bei so unruhigem Zustande der Atmo-
häre wird man wohl nicht leicht Höhenbestimmungen machen
ollen; aber gleichwohl ist es wichtig zu wissen, welche groſse
ngleichheiten statt finden können, um darnach auf die auch bei
äſsigern Winden und bei geringerem Steigen und Fallen des
rometers eintretenden Ungleichheiten zu schlieſsen.

Wenn man die Tiefe von Bergwerksschachten bestimmt, so
nn sich zu den bisher erwähnten Ursachen ungleicher Höhen-
stimmungen noch eine andre gesellen. In der freien Atmo-
häre haben wir, in eudiometrischem Sinne, doch immer nur
ne und dieselbe Luftart oder Luftmischung, in Höhlen und
:hachten dagegen kann die atmosphärische Luft mit andern
iftarten gemischt seyn, und ist es gewiſs sehr oft. Daſs dann
n ganz anderer Coefficient gewählt werden müſste, ist klar,
id ich will nicht dabei, sondern nur bei einigen andern hier-
r gehörigen Bemerkungen verweilen. Wenn das Barometer
ir stark, und vorzüglich, wenn es sehr plötzlich fällt, so müs-
ı sich wohl diejenigen Luftarten, die sich aus den Spalten
r Felsen oder wo sonst her entwickeln, am reichlichsten entwik-
ln, so wie unter der Luftpumpe bei aufgehobenem Drucke
Luft aus Wasser und andern Körpern hervordringt. Man
rd also bei tiefem Barometerstande am meisten hierauf zu ach-
ı haben; man wird bei tiefem Barometerstande wahrscheinlich
meisten das Verlöschen der Lichter wegen fremder Luftar-
bemerken.

:stimmung der Höhen aus ganzen Rei-:n von Beobachtungen, und von der Bestimmung der Höhe eines Ortes über dem Meere.

Wenn man den eben bemerkten Unsicherheiten bei der Hö-
ıbestimmung ausweichen will, so muſs man die Beobachtungs-

1 S. 62.

puncte nicht zu weit von einander entfernt wählen; man muſs die Tage, wo das Barometer starke Aenderungen seiner Höhe erleidet, vermeiden, oder darf wenigstens an solchen Tagen den Beobachtungen keinen hohen Grad von Sicherheit beilegen. Die Beobachtungen müssen so viel als möglich, gleichzeitig angestellt werden, und um die täglichen Variationen in der Abnahme der Wärme bei verschiedenen Höhen minder schädlich zu machen, ist es gut, an heitern, stillen Tagen in den mittlern Stunden des Vormittags und Nachmittags, also etwa um 9 Uhr und 4 Uhr zu beobachten, und dagegen die Mittagsstunden, noch mehr aber die Abendstunden, die Nachtbeobachtungen und die um Sonnen-Aufgang angestellten Beobachtuugen auszuschlieſsen. Am besten aber ist es, an mehrern Tagen die Beobachtungen zu wiederhölen, dabei aber immer die eben erwähnten Stunden zu wählen, und dann das Mittel aus den berechneten Höhen zu nehmen.

Diese Vergleichung mehrerer Beobachtungen ist vorzüglich dann wichtig, wenn die Orte weit von einander entfernt sind. Da hier die Einwirkung jener Umstände, welche die Höhenberechnung unsicher machen, fast gar nicht zu vermeiden ist, so muſs man derselben durch zahlreiche, unter ganz verschiedenen Umständen angestellte Beobachtungen auszuweichen suchen, indem da die ganz zufälligen Einflüsse eines ungleichzeitigen Steigens und Fallens des Barometers sich aller Wahrscheinlichkeit nach aufheben werden, und der Einfluſs des Windes nur allenfalls dadurch, daſs ein Wind mehr als der andre herrschend gewesen ist, noch in einigem Grade merklich bleiben kann. Am besten ist es, eine solche Reihe zahlreicher Beobachtungen einzeln zu berechnen; indeſs kann man sich allenfalls auch begnügen, die beobachtete Mittelhöhe des Barometers in Verbindung mit der mittlern Wärme so in Rechnung zu nehmen, wie man es bei einzelnen Beobachtungen thut. Daſs diese Mittelzahlen aus *allen* gut angestellten Beobachtungen hergeleitet werden müssen, und daſs man ja nicht das Mittel zwischen dem höchsten und tiefsten Barometerstande dafür annehmen darf, habe ich wohl nicht erst nöthig zu erwähnen; das letztere Verfahren würde um so unrichtiger seyn, da das Barometer an einigen Orten viel tiefer unter die Mittelhöhe sinkt als an andern Orten, und deshalb das Mittel zwischen den Extremen nicht allein nicht die Mittelhöhe ist, sondern auch nicht einmal eine an beiden

eich viel von der Mittelhöhe abweichende Bestimmung

in liegt auch die Regel, wie man die Höhe über dem ir Orte findet, die entfernt vom Meere liegen. Es ist :hig, die genaue mittlere Barometerhöhe an der Meeres- ıe zu kennen, deren Bestimmung nicht ohne Schwie- st[2]. Nur in der heiſsen Zone ist es, wegen der groſsen migkeit der Aenderungen des Barometerstandes möglich, elnen Beobachtungen die Höhe über dem Meere zu berech- ie Oltmanns es aus von Humboldt's Beobachtun- ıan hat[3].

Unvermeidliche Fehler.

Frage, welche Sicherheit die barometrischen Höhen- en gewähren, wenn alle theoretischen Schwierigkeiten ı besiegt wären, verdient noch eine kurze Beantwor- m so mehr da einige Beobachtungsregeln sich daran an-

halte es zwar für überflüssig, die Regeln zu wiederho- : bei Beobachtung des Barometers allemal zu beobachten :h übergehe auch die Wärme-Correction[4] und die Cor- wegen der Capillarität[5], und bemerke nur Folgendes, rm Gegenstande besonders angehörend.

ch d'Aubuisson, der die sorgfältigsten Bemühungen auf Gegenstand gewandt hat, kann man 1. bei der genauesten ıtung des Barometers eine unvermeidliche Unsicherheit 1 bis 0,2 Millimeter oder von 0,04 bis 0,09 Linien an-

---

Nach Schön's Witterungskunde ist auf dem St. Gotthard, die Mittelhöhe = 21″ 9‴,47, das Mittel zwischen der äuſsersten 3‴,7, das Mittel zwischen den Extremen mehrerer Jahre = 0. Dagegen in Genf das wahre Mittel = 26″ 10‴,96, Mittel n den höchsten und tiefsten Ständen = 26″ 7‴,85, Mittel zwi- len Extremen mehrerer Jahre = 26″ 9‴,02. In Mittelburg Mit- = 28″ 0‴,38, Mittelhöhe aus den Extremen = 27″ 9‴,25, aus den Extremen mehrerer Jahre = 27″ 10‴,57.

Vergl. Art. *Barometer* Th. I. S. 914. Ramond S. 69. 187.

v. Humboldt nivellement barométrique. in dem 4. Theile der : de Humb. et Bonpl. Astronomie. I. p. 286. 289.

S. Art. *Barometer* Th. I. S. 900.

S. *Capillarität* Th. II. S. 907.

nehmen und dieser Irrthum bringt 4 bis 9 Fuſs Fehler in die Höhenbestimmung. 2. Sehr leicht kann man in der Bestimmung der Temperatur des Quecksilbers um 1 Grad fehlen, da, wenn die Kugel des Thermometers nicht in das Quecksilber des Barometers selbst eingetaucht ist, leicht das Thermometer eine etwas andre Wärme haben kann; 1 Grad Fehler bringt aber bei 28 Zoll Barometerhöhe eine Differenz von 0,067 Linien oder in der Höhenbestimmung etwa 5 Fuſs hervor. Diese Fehler können bei kleinen Höhen-Unterschieden eben so gut, als bei groſsen vorkommen, und da sie bei beiden Beobachtungen summirend einwirken können, so kann der Fehler von 9 bis 12 Fuſs sich verdoppeln. 3. Auch die Temperatur der Luft kann um 1 Grad fehlerhaft gefunden werden, indem ein unbedeutender Wind, oder das Vortreten einer Wolke vor die Sonne und viele andre Umstände ein Schwanken des Thermometers hervorbringen, wodurch die Bestimmung der wahren Wärme bis auf 1 Grad unsicher werden kann. Ein solcher Fehler von 1 Grade bringt aber wenigstens 2 oder 3 Tausendtel der ganzen Höhe als Fehler in das Resultat. Diese Umstände zusammen können also, wenn sich die Fehler anhäufen, die Höhen, die auch nur 5000 Fuſs betragen, um mehr als 30 Fuſs fehlerhaft angeben.

Wenn man sich in dem Falle befindet, Höhen bestimmen zu wollen, ohne an einem nahen Orte einen Gehülfen zu haben, der die correspondirenden Beobachtungen macht, so muſs man den bedeutenden Fehler, der aus dem Steigen und Fallen des Barometers in der Zwischenheit von einer Beobachtung zur andern entstehen kann, dadurch zu vermeiden suchen, daſs man an jeder Station lange genug verweilt, um die stündliche Aenderung des Barometers wahrzunehmen. Findet man am zweiten Orte eben die stündliche Aenderung wie am ersten, so kann man bei nicht zu groſser Zwischenzeit mit einiger Wahrscheinlichkeit annehmen, daſs diese Aenderung stetig fortgedauert habe, indeſs bleibt man immer Unsicherheiten ausgesetzt, die, zumal bei nicht bedeutenden Höhen-Unterschieden, die ganze Arbeit untauglich machen können[1].

Zum Schlusse muſs ich doch noch erwähnen, daſs das

---

1 Am Schlusse des oft angeführten Werkes von Ramond findet sich eine: Instruction élémentaire et pratique sur l'application du baromètre à la mesure des hauteurs.

ifferential-Barometer zu Höhenbestimmungen gebraucht wer-
n kann, daſs mir aber noch keine wirklichen mit demselben
gestellten Messungen bekannt sind, und daſs bei sehr genauen
ssungen es schwerlich den Vorzug vor dem gewöhnlichen
rometer verdienen möchte, da hingegen, wo eine sehr groſse
nauigkeit nicht verlangt wird, wohl einige Bequemlichkeit
währen mag.

Abgekürzte Berechnung und Tafeln.

Da die Correctionen, welche man bei den Höhenmessun-
ı wegen der ungleichen Schwerkraft anzubringen hat, wenig
ragen, so kann man sich oft begnügen, die Rechnung ohne
cksicht auf diese zu führen, und dann lassen sich die Regeln
Rechnung so angeben.

1. Man drücke die in beiden Stationen beobachteten Ba-
neterhöhen in einerlei Maſs aus, und füge der im untern Stand-
ncte angestellten diejenige Correction bei, welche (nach der
Art. *Barometer* Th. I. S. 903. gegebenen Tafel) der Differenz
Wärme des Quecksilbers gemäſs ist; — diese Correction ist fast
mer subtractiv, weil fast immer die Wärme im obern Stand-
ncte geringer ist.

2. Man suche die Briggischen Logarithmen der corrigir-
Barometerhöhe des untern Standpunctes und der beobachte-
Barometerhöhe des obern Standpunctes, und subtrahire den
zteren von dem ersteren.

3. Diese Differenz multiplicire man mit dem barometri-
en Höhen-Coefficienten, den man nach d'Aubuisson 18375
ter oder um mit den gleich zu erwähnenden Gaussischen Ta-
ı übereinzustimmen = 18382 Meter = 56587 Fuſs setzen
;.

4. Die so gefundene Zahl gäbe die Höhe richtig bei Null
d Wärme; ist aber die Mittelwärme der Luft in beiden Stand-
ıcten höher, so muſs man zu jener Höhe so viel Zweihundert-
zulegen, als die Mittelwärme Réaumürsche Grade über Null

Will man genauer rechnen, so findet man alle nöthigen
geln im Vorigen, und ich kann daher die weitern Verbesse-
gen übergehen.

Da es aber bei einer Rechnung, die oft sehr wiederholt an-
vandt werden muſs, angenehm ist, Hülfstafeln zu ihrer Er-

leichterung anzuwenden, so setze ich hier noch die kleinen Gauſsischen Tafeln her, deren Berechnung anf folgenden Gründen beruht, und deren Gebrauch ich nachher zeigen will.

Setzen wir den barometrischen Coefficienten = 18382 Meter, und nehmen wir an, daſs er sich um $\frac{1}{200}$ für jeden Réaumürschen Wärmegrad ändert, so ist sein Briggischer Logarithm

$$\text{für } 0^\circ = 4{,}26439$$
$$\text{für } +1^\circ = 4{,}26656$$

also wenn die Summen der Thermometerstände im Freien = 2°, folglich die Mittelwärme = 1° ist, hätte man den Logarithmen = 4,26656; Gauss hat dafür 4,26658 gesetzt. So erklärt sich die Entstehung der ersten Tafel, wo A der Logarithm des jeder Wärme entsprechenden barometrischen Coefficienten ist. Ich habe noch A′ für Pariser Fuſse beigefügt. Dieses A gilt für 45 Grad Breite; es wird etwas gröſser für kleinere Polhöhen und kleiner für gröſsere; die zweite Tafel giebt an, wie viel man die fünfte Decimalstelle von A bei jeder Polhöhe ändern muſs.

Die dritte Tafel giebt an, wie viel der Logarithme der gefundenen Höhe in der fünften Decimale geändert werden muſs, um der Abnahme der Schwere in der Höhe Genüge zu thun. Diese beiden Correctionen lassen sich aus den obigen Formeln leicht finden. Gauss bringt nun zuerst die Correction wegen der Wärme des Quecksilbers dadurch an, daſs er von dem Logarithmen der beobachteten Barometerhöhe in der fünften Decimalstelle zehnmal so viel Einheiten abzieht, als das Thermometer Réaumürsche Grade zeigt. Eigentlich ist

$$\log P = \log P' \left(1 - \frac{T}{4440}\right)$$
$$= \log P + \log \left(1 - \frac{T}{4440}\right)$$
$$= \log P - \frac{T \,.\, 0{,}43429}{4440}$$

also nahe genug = log. P — T . 0,0001, und das gerade die Gaussische Correction, die wegen der geringen Wärmedifferenzen ausreicht.

Gauss's Tafeln.

Erste Tafel.

t + t' ist die Summe der in beiden Stationen beobachteten Wärme der Luft.

+ t'	A für Meter.	A' für Par. Fuſs.	t + t'	A für Meter.	A' für Par. Fuſs.
10°	4,25337	4,74170	+ 21°	4,28667	4,77500
9	4,25448	4,74281	22	4,28770	4,77603
8	4,25560	4,74393	23	4,28874	4,77707
7	4,25671	4,74504	24	4,28976	4,77809
6	4,25781	4,74614	25	4,29079	4,77912
5	4,25892	4,74725	26	4,29181	4,78014
4	4,26002	4,74835	27	4,29283	4,78116
3	4,26111	4,74944	28	4,29385	4,78218
2	4,26220	4,75053	29	4,29487	4,78320
1	4,26330	4,75163	30	4,29588	4,78421
0	4,26439	4,75272	31	4,29689	4,78522
1	4,26548	4,75381	32	4,29790	4,78623
2	4,26658	4,75491	33	4,29891	4,78724
3	4,26765	4,75598	34	4,29991	4,78824
4	4,26872	4,75705	35	4,30092	4,78925
5	4,26980	4,75813	36	4,30192	4,79025
6	4,27087	4,75920	37	4,30291	4,79124
7	4,27195	4,76028	38	4,30391	4,79224
8	4,27301	4,76134	39	4,30490	4,79323
9	4,27408	4,76241	40	4,30589	4,79422
10	4,27514	4,76347	41	4,30688	4,79521
11	4,27620	4,76453	42	4,30787	4,79620
12	4,27726	4,76559	43	4,30885	4,79718
13	4,27832	4,76665	44	4,30984	4,79817
14	4,27937	4,76770	45	4,31082	4,79915
15	4,28042	4,76875	46	4,31179	4,80012
16	4,28147	4,76980	47	4,31277	4,80110
17	4,28251	4,77084	48	4,31374	4,80207
18	4,28356	4,77189	49	4,31471	4,80304
19	4,28460	4,77293	50	4,31568	4,80401
20	4,28564	4,77397			

Zweite Tafel.

Correction von A.

Polhöhe.	+		Polhöhe.	+	
0°	0,00124	90°	23°	0,00086	67°
1	123	89	24	83	66
2	123	88	25	79	65
3	123	87	26	76	64
4	122	86	27	73	63
5	122	85	28	69	62
6	121	84	29	65	61
7	120	83	30	62	60
8	119	82	31	58	59
9	118	81	32	54	58
10	116	80	33	50	57
11	115	79	34	46	56
12	113	78	35	42	55
13	111	77	36	38	54
14	109	76	37	34	53
15	107	75	38	30	52
16	105	74	39	26	51
17	102	73	40	21	50
18	100	72	41	17	49
19	97	71	42	13	48
20	95	70	43	9	47
21	92	69	44	4	46
22	89	68	45	0	45
23	86	67			
	—	Polhöhe		—	Polhöhe

Dritte Tafel.

Correction des berechneten Logarithmen V.

V	+	V′	V	+	V′
1,9	0,00001	2,4	3,1	0,00009	3,6
2,3	1	2,8	3,2	11	3,7
2,4	2	2,9	3,3	14	3,8
2,5	2	3,0	3,4	17	3,9
2,6	3	3,1	3,5	22	4,0
2,7	3	3,2	3,6	27	4,1
2,8	4	3,3	3,7	34	4,2
2,9	5	3,4	3,8	43	4,3
3,0	7	3,5	3,9	54	4,4

Die Rechnung nach dieſen Tafeln wird ſo geführt. Nachde man beide beobachtete Barometerſtände in gleichem Maſse = und = b′, die zugehörige Wärme des Queckſilbers = T und = T′ in Réaum. Graden ausgedrückt und die Summe der Tem

Luft in beiden Stationen = t + t′ bestimmt hat; uerst die Briggischen Logarithmen beider Barome- d schreibt hinter jeder das Zehnfache T oder T′; die Differenz der Logarithmen und die Differenz hnen aufgezeichneten Zahlen, die letzte subtrahirt r Differenz der Logarithmen. Die so erhaltene Zahl man in den Logarithmentafeln auf, und schreibt zu diesem addirt man das der Temperatur gemäſse, er Polhöhe aus Tafel 2 corrigirte A; die Summe giebt e nachdem man A oder A′ aus der ersten Tafel an- t; man fügt den aus der dritten Tafel hervorgehen- ionswerth hinzu, und hat dann die Logarithmen der diese Höhe in Fuſsen oder Metern ausgedrückt, je an A′ oder A angewandt hat.

voriges Beispiel würde hiernach so berechnet.

= 27″,17 ; T = 14,9; t = 15,3

= 19,845; T′ = 7,6; t′ = 3,2;

t + t′ = 18,5.

1,43409	. . . .	— 0,00149
1,29765	. . . .	— 0,00076
0,13644		— 0,00073
— 73		
0,13571		

larf hier wegen der Polhöhe keiner Correction, da die ng fast unter 45° Breite angestellt wurde; daher

log. u	=	9,13261
A′	=	4,77241
Corr.	=	0
V′	=	3,90502
. dritten Tafel	=	17
V′	=	3,90519

aber 3,90519 = log. 8038,8.

s wäre die Höhe in Par. Fuſsen.

ich andere Tafeln, welche die Höhenberechnung er- hier umständlich beurtheile, wird man wohl nicht selbst die Angabe ihrer Einrichtung würde zu viel dern; ich setze indeſs die Titel derer, die mir bekannt :

les barométriques pour faciliter le calcul des nivelle- des mesures des hauteurs par le baromètre, par B. de

Lindenau. Gotha. 1809. Horner hat aus diesen Tafeln das Nöthigste auf wenige Seiten zusammengedrängt mitgetheilt in G. XXXIX. 470.

Benzenberg's Beschreibung eines einfachen Reisebarometers, nebst einer Anleitung zur leichtern Berechnung der Berghöhen. (Düsseldorf. 1810.)

Tables barométriques portatives donnans les differences de niveau par une simple soustraction, par Biot. (Paris. 1811.) — Auch in Traité élémentaire d'astronomie physique par Biot. Tome troisième.

Tabellen für barometrische Höhenmessungen von Garthe (Giessen. 1817 in Sedez.)

Tables hypsométriques portatives par J. Oltmanns. Paris. 1811. Sie stehen auch in v. Humboldt's Voyage Partie IV. Vol. I. p. 325. Ein Auszug daraus in G. XXXVIII. 278.

Tafeln am Schlusse von Ramond's Mémoires.

Nuove Tavole barometriche e logarithmiche per facilitare i calcoli delle Altezze per mezzo del Barometro. Seconda Edizione. Genova. 1818.

E. M. Hahn, barometrische Tafeln, mit einer Anleitung zur Kenntniſs der meteorol. Werkzeuge u. s. w. (Breslau. 1823. 4)

Littrow über Höhenmessungen durch das Barometer. (Wien. 1825.)

Tables hypsométriques pour le baromètre, divisé en pouces et lignes du pied français et pour le thermomètre octogésimal. Zuric. 1828. *B.*

Höhenmessung,

thermometrische; *mensuratio altitudinum ope thermometri.* Auch das Thermometer kann zur Bestimmung der Höhen gebraucht werden. Da nämlich das Wasser früher, bei geringerer Wärme, siedet, wenn der Druck der Luft schwächer ist, so kann die Wärme, bei welcher das Wasser zum Sieden kommt, zur Bestimmung des Luftdrucks dienen. Die frühern Bemühungen de Lüc's und anderer, welche mehr den umgekehrten Zweck hatten, auszumitteln, bei welcher Wärme das Wasser an Standpuncten von gegebener Höhe koche, übergehe ich hier, und verweile bloſs bei Wollaston's

ɪrschlage[1], das Thermometer geradezu als Werkzeug zur Hö-
ɪmessung anzuwenden[2].

Wollaston leitet aus Ure's Verſuchen[3] folgende Beſtim-
ngen ab. Wenn das Fahrenheit'ſche Thermometer ſo gra-
rt iſt, daſs ſein Siedepunct oder die Wärme = 212 Gr.
ı Luftdrucke = 30 engl. Zolle angemeſſen iſt, ſo ſiede das
ſſer bei 202 Graden, wenn der Luftdruck = $\frac{30}{1,23}$, bei 192°,
ın er = $\frac{30}{1,23 \,.\, 1,24}$ ſey. Dieſes gäbe die zu 202° gehörige
ometerhöhe = 24,399; die zu 192° gehörige = 19,676.
ɪllaston weicht indeſs ein wenig von dieſer Beſtimmung
und ſetzt ſtatt 1,23; 1,231, wonach er dann die Austhei-
ʒ auf die einzelnen Grade ſo vornimmt.

Da log. $\sqrt[9]{\frac{1,24}{1,23}}$ = 0,0003907 iſt, ſo iſt dieſes die Diffe-
ı der jedesmal zu addirenden Logarithmen und Wollaston
bt folgende Tafel, worin die zweite Differenz der Logarith-
ı eben jene Zahl iſt.

Kochhitze.	Barometerhöhe.	Log. d. Bar.	Differenz.
214	31,2395	1,4947043	87720
213	30,6149	1,4859323	88110
212	30,0000	1,4771213	88501
211	29,3949	1,4682712	88892
210	28,7993	1,4593820	89282
209	28,2133	1,4504538	89673
208	27,6367	1,4414865	90063
207	27,0695	1,4324802	90454
206	26,5115	1,4234348	90844
205	25,9627	1,4143504	91234
204	25,4230	1,4052270	91625
203	24,8923	1,3960645	92015
202	24,3704	1,3868630	

nach läſst ſich nun leicht eine Tafel der zu jedem Siede-
ıte gehörigen Höhe über dem Puncte angeben, wo das Ba-
ıter 30 Zoll ſteht; dieſe Tafel iſt nach Wollaston folgende:

1 Phil. Tr. for 1817. for 1820. p. 295.

2 Daſs ſchon viel früher (Ph. Tr. XXXIII. 179. u. LXXI. 524.
der Gedanke geäuſsert ſey, bemerkt Wollaston ſelbſt.

3 Ph. Tr. 1818. p. 338.

Wärme.	Höhe.	Wärme.	Höhe.	Wärme.	Höhe.
213°	— 528	209	1600	205	3766
212	0	208	2138	204	4313
211	+ 531	207	2678	203	4863
210	1064	206	3221	202	5415

Wollaston giebt einige Beispiele von wirklich so bestimmten Höhen, bei der einen gab

	die thermometr. Messung		3546,2
	die barometrische	—	3548,9
	Roy's	—	3555,4
bei der andern	die thermometr.	—	2350,5
	die barometrische	—	2391,8
	Roy's	—	2371

Er bediente sich hierbei eines so groſsen Thermometers, daſs jeder Grad beinahe 4 Zoll betrug und daher noch $\frac{1}{400}$ Grad abgelesen werden konnte. Er fand es aber schwierig, die Lampe, auf welcher das Wasser zum Kochen kam, gegen den Wind zu schützen, und glaubt, der Fehler der letzten Messung sey einem starken Winde zuzuschreiben, der doch wohl, obgleich Lampe und Wassergefäſs von einem kupfernen Gefäſs umgeben waren, den Wasserdampf um $\frac{1}{28}$ Grad mehr als das Thermometer abkühlte.

Es scheint daher nicht, daſs man mit dieser Messung viel weiter käme, zumal da die Temperatur der Luft eben so gut beachtet und alles das in Rechnung gezogen werden muſs, was als Correction bei den barometrischen Messungen vorkommt. Ich stelle deshalb auch keine weitern Untersuchungen über die Aenderungen an, welche Wollaston's Tafel erleiden müſste, wenn man ihr andre Bestimmungen zum Grunde legte, und bemerke nur, daſs Beispiele zur Vergleichung sich bei de Luc[1] finden, wo man aber daran denken muſs, daſs seine Thermometer ihren Siedepunct bei einem andern Barometerstande zeigten.

Ueber die Vorsichten, die man bei Verfertigung der zu diesem Zwecke tauglichen groſsen Thermometer anwenden muſs, verweise ich auf Wollaston's eigne Anleitung. Damit die Röhre nicht lang zu seyn brauche, läſst er das Thermometer so einrichten, daſs an die aus starkem Glase gemachte Kugel zuerst

1 Unters. über die Atmosphäre. Th. II. S. 510.

h weiter Theil der Röhre grenzt, in welchen sich das
r bei denjenigen Temperaturen, die selbst in den
uncten, welche man zu messen gedenkt, nicht hin-
n das Wasser zum Kochen zu bringen, zurückzieht.
also die Scale und die enge Röhre, in welcher die
sdehnung des Quecksilbers gemessen werden soll, nur
gen Raum und nur die Temperaturunterschiede, die
ie in verschiedenen Höhen statt findende Kochhitze

B.

Höhenpuncte.

ttelst des Nivellirens, der trigonometrischen Messungen,
ich aber, der Kürze und Leichtigkeit des Verfahrens
rmittelst der Barometerbeobachtungen hat man allmä-
roſse Menge Höhenpuncte auf unserer Erde bestimmt,
an auf verschiedene Weise zusammengestellt findet.
ils werden dieselben nach den Ländern geordnet, oder
Velttheilen, wenn wenigere Bestimmungen bekannt sind
Raum eine gröſsere Zahl derselben aufzunehmen ver-
weilen nach dem Zusammenhange der Bergketten, sel-
nur für einzelne Erdtheile habe ich eine alphabetische
stellung gefunden. Unter den reichhaltigern Tabellen
: können diejenigen genannt werden, welche Kant[1],
midt[2], G. F. Parrot[3], Miltenberg[4], F. Förster[5]
elbst[6] früher zusammengestellt haben. Inzwischen sind
lich erst in dem jetzigen, etwas weniger in dem nächst-
enden Jahrzehend, eine sehr groſse Menge neuer oder
er Höhenbestimmungen der Mehrzahl nach in den
ten zerstreut bekannt geworden, so daſs es bei noch
den Bemühungen dieser Art bald sehr wohl möglich
l, barometrische Nivellements fast aller bekannten Län-
Erde aus ihnen zusammenzustellen. Die neuesten Ta-

ysische Geographie. Hamb. 1817. II Tom. 8. II. 2. S. 109.
ndbuch der Naturlehre Gieſsen 1813. II. 672.
undriſs der theoretischen Physik. Riga und Leipzig 1815.

ie Höhen der Erde. Frankf. 1815.
nleitung in die allgemeine Erdkunde. Berl. 1818. 4. S. 50.
nfangsgründe der Naturlehre. Heidelb. 1820. II. 86. ff.

bellen dieser Art, welche indeſs der Natur der Sache nach a absolute Vollständigkeit keine Ansprüche machen, sind v Hallaschka [1], eine sehr reichhaltige von Baumgartner [2] u in einem eigenen diesem Gegenstande gewidmeten Werke v Perrot [3]. Belehrend und zugleich interessant sind ferner d graphischen Darstellungen der Berghöhen, welche auf den sog nannten Höhen-Charten gegeben werden [4], bei der jetzt v handenen groſsen Fülle von Bestimmungen aber nicht fügli anders als von beschränktem Umfange seyn können.

So interessant es übrigens in mehrfacher Hinsicht ist, dur die Hülfsmittel dieser Art sofort die Höhen der verschieden Orte nach Verlangen kennen zu lernen, so stehen doch ei wünschenswerthen Zuverlässigkeit dieser Bestimmungen manche Schwierigkeiten entgegen. Abgesehen von den Mäng solcher Messungen im Allgemeinen ist schon die Menge der einer vollständigen Tabelle aufzunehmenden Bestimmungen übe mäſsig groſs, und die Grenze nicht leicht anzugeben, wel man sich doch nothwendig stecken muſs. Auſserdem ist es den Sammler ganz unmöglich, alle einzelne Oerter der Erde kennen, und da namentlich so manche Berge ganz verschieden Namen haben, je nachdem man sie von der einen oder einer an dern Seite besteigt, so ist es fast unmöglich zu vermeiden, da nicht einzelne Angaben doppelt vorkommen sollten. Endli aber ist es in vielen Fällen auſserordentlich schwer, die gröſse oder geringere Genauigkeit der verschiedenen Bestimmungen prüfen, und man muſs sich hierbei lediglich auf die Autori derjenigen verlassen, von denen sie herrühren. Sehr gro Fehler lassen sich zwar nach den gegenwärtig zu Gebote stehe den Hülfsmitteln nicht erwarten, wenn es sich aber um Oerte handelt, welche nicht weit von einander entfernt und rücksic lich ihrer Höhe nicht sehr verschieden sind, so kann es si leicht ereignen, daſs aus den verschiedenen Angaben Wide

---

1 Handbuch der Naturlehre. Prag 1825. III. 175.

2 Die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zustande. u. s. Wien 1826. S. 705.

3 Tableau comparatif des hauteurs des principales Montagnes lieux remarquables du globe cet. Par A. M. Perrot. Par. 1826.

4 Z. B. die Höhencharte von Mechel. Berlin 1807.

üche, namentlich in Beziehung auf den Lauf der Flüsse und Gefälle hervorgehen.

Bei den nachfolgenden Tabellen habe ich die besten mir zu bote stehenden Quellen benutzt, und sie so weit geprüft als es möglich war. Unter den Autoritäten nenne ich als die züglichsten Ramond[1], Charpentir[2], Reboul[3], Gaut-r[4], Delcros[5], Bertrand Roux[6], Karsten[7], v. Hor-i[8], v. Bohnenberger, Wild und Schübler[9], J. F. ſss[10], Memminger[11], Martius[12], F. Parrot[13], Nögger-th[14], Schultes[15], Fallon[16], welcher theils seine eigenen ssungen, theils auch diejenigen schätzbaren Bestimmungen annt gemacht hat, welche ihm durch Se. Kais. Hoheit, den herzog Rainer[17] mitgetheilt wurden. Eine Menge Bestim-ngen der Höhen in England findet man bei Bakewell[18],

1 Mém. de l'Inst. IV. 14. XIV. 1. Mémoires sur la formule baro-rique de la Mécanique céleste. cet. À Clermont-Ferrand. 1811. 4.

2 Mon. Cor. XXVIII. 175. Ueberhaupt finden sich in vielen Bän-dieser Zeitschrift eine Menge von Bestimmungen.

3 Ann. de Chim. et de Phys. V. 234.

4 Ebend. XVIII. 433.

5 Bibl. univ. VII und XVII. 97 u. a. a. O.

6 Description géognostique des Environs du Puy en Velay. p. 216.

7 G. XX. 193.

8 von Bohnenberger und von Lindenau Zeitschr. für Astronomie 469.

9 Tübinger Blätter von von Bohnenberger und von Autenrieth. Orten.

10 Südbaierns Oberfläche nach ihrer äuſsern Gestalt u. s. w. chen 1820.

11 Beschreibung von Würtemberg. Stuttg. 1823.

12 Physiognomie der Pflanzen. 1824. S. 23.

13 Engelhardt und Parrot Reise in den Caucasus; desgleichen ot Reise in den Pyrenäen. In naturwissenschaftlichen Abhand-n aus Dorpat. Berlin 1823. S. 189.

14 Das Gebirge im Rheinlande Westphalen. IV. 822.

15 Mon. Cor. XI. 515. Dessen Reise auf den Glockner. S. 309.

16 Mon. Cor. XII. 507. Hauptsächlich Archiv der astronomisch-nometrischen Vermessung der K. K. Oesterreichischen Staaten. 1824.

17 Mon. Cor. XI. 307.

18 Einleitung in die Geologie. S. 267.

W. Phillips[1] und in den englischen Zeitschriften[2]; sehr v
verdanken wir dem unermüdlichen Forschungsgeiste Leop
von Buch's[3], den stärksten Antrieb zu den Höhenmessun
im Allgemeinen und den barometrischen insbesondre gaben
die ausnehmend zahlreichen, welche A. von Humboldt[4]
gelehrten Welt von America mitgetheilt hat. Ueber die in
essanten Höhen des Asiatischen Hochlandes haben unter an
die Messungen von Hogdson und Herbert, desgleichen
den Gebrüdern Gerard[5] Auskunft gegeben; eine ausnehm
groſse Menge von Höhenbestimmungen, theils eigene, th
fremde von den verschiedensten inländischen und ausländis
Gelehrten findet man in der durch Berghaus und Hoffm
herausgegebenen Zeitschrift[6], andere minder reichhaltige Q
len nicht zu erwähnen[7].

Die von mir gewählte alphabetische Form der Tabelle
zur Ersparung des Raumes nothwendig, und eben desw
konnten auch die Quellen nicht angegeben werden. Sie hat
bei den Vortheil, daſs man jeden gesuchten Ort leicht fi
kann, bringt aber den Nachtheil mit sich, daſs man keinen
berblick der Höhenzüge erhält, indem die Oerter, selbst
verschiedenen Welttheilen lexicographisch neben einander ste
Nur in einigen Fällen, wo es besonderes Interesse haben kö

---

1 Outlines of Mineralogy and Geology. fourth ed. 1826.

2 Z. B. Ann. of Phil. LXXII. 448. Edinb. Phil. Journ. an
Edinb. Journ. of science. XVIII. 312. Phil. Mag. LXV. 467.

3 In dessen Norwegischer Reise und in Physikal. Beschrei
gen der Canarischen Inseln. Berlin 1825.

4 Nivellement barométrique fait dans les régions équinoxiale
nouveau Continent. cet. 3me. Liv.

5 An Account of trigonometrical and astronomical observa
cet. by Hogdson and Herbert in Asiatic Reas. XIV. Calcutta.
In den folgenden Bänden ist die Reisebeschreibung der Gebr
Gerard.

6 Hertha. Zeitschrift für Erd - Völker - und Staaten - Ku
Stuttg. 1825 bis 1828. zusammen X Bde. Wird fortgesetzt.

7 Z. B. Annuaire présenté au Roi in mehreren Jahrg. nament
1823. Nouvelles annales des Voyages. z. B. 1823. Mars. Journ.
Mines. z. B. XVIII. 321. d'Aubuisson in Journ. de Phys. LXVIII.
Berger ebend. LXV. 27. Morozzo in Mém. de l'Acad. de Turin.
p. 1. ff. Renovanz und Pausner die Höhenpuncte in Sibirien. in N
Ann. des Voyages. 1823. Mars. p. 353.

ſt hinzugesetzt, ob der Name einen Berg, Dorf, See oder Fluſs ezeichnet, und die trigonometrisch bestimmten Höhen sind meitens durch ein beigesetztes t kenntlich gemacht; die Höhen ndlich sind in Par. Fuſs vom Spiegel des Meeres an gerechnet.

alen (am Kocher)	1314	Ahrweiler	272
ar (Schweiz)	1548	Aidat, Dorf	2627
arau	1140	Aiguille d'Argentier	12464
bben - See	1721	Aiguilles de Baulmes	4814
bensen	221	Aiguille de Goutte	11442
beville	74	— Dru	11682
endberg (Schweiz) t.	5630	— du Midi	12054
geschütz	7850	— Noire	9744
tsgemünd	1188	Airolo	3502
aguisotla, Meierei	2024	Aix	498
apete, Dorf	6828	Akka - Solki	3186
halm t.	2180	Ala, Dorf	3154
hensee, Dorf	2880	Alagna, Dorf	3637
htermannshöhe	2580	Alais	431
it, hohe	2369	Àlaska, Pic	7050
opan, Dorf	6264	Alausi, Stadt	7488
umello t.	10950	Albacete	2046
am's Pic (Ceilon)	5772	Albengo Monte	4398
am's - Pic (bei Kandy)	6099	Alberca de Pelangeo	5530
lat (Scandinav.)	4858	Albergharia velha	413
lboden t.	4170	Albis Hochwacht	2581
lhausen	1401	Albon	6294
lsberg	2159	Albrechtsdorf	528
xe	923	Albristhorn t.	8530
ıont	1789	Albujarras	8700
ach, Schloſs	940	Albula Scheideck	1185
ighorn t.	8460	Alcobaça, praça	299
hi t.	2700	Alcula de Henarez	2228
a t.	10484	Aldingen	2039
- Nuden	4304	Allarmont	1052
do	1947	Allee blanche	7494
- Manza	3821	Alleghany, Berg.	2826
mez	947	Allendorf a. d. Sorne	951
erg	1304	Allerheiligen b. Tübingen	1939
nberg, Basaltkuppe	1972	Allevart (Franken)	1356

Allier, Quelle	4383
Almaguer, Stadt	6924
Almajalosjegna	5200
Almenspitze	8086
Almuradiel	3252
Almuradil	2292
Alpschelen t.	6864
Alpsteig (Steiermark)	3297
Alsbach	343
Alphthal	3055
Altai, kleine	9120
Altanka, Dorf	4400
Alt-Els	11432
Altenau	1752
Altenberg, Stadt	2247
Altenburg	350
Altenmarkt (Steiermark)	1351
Altenstein, Schloſs	1112
Altkönig	2400
Alto de las Cachones	3510
— de las Sepulturas	8262
— del Noble	8328
— del Proble	5802
— de Val certo	3297
— do Pitre	1224
Altura de S. Cornely	2869
Altwalldorf (Ungarn)	2215
Amaga	4166
Ambert, Stadt	1678
Ambin Glacier de	10384
Ambohitsmene	10796
Ameca, Dorf	8216
Amertenhorn t.	8108
Amiens	138
Amoeneburg	1165
Amstag (Schweiz)	1579
Ander St. (Graubünden)	3042
Andermatt	4452
Andex, Bad	2288
Andreasberg	1852

Andreas San	833
Anger (in Oestreich)	232
Angheri (Ital.)	124
Angustura	505
Ankogel	830
Anna-Kirche. St.	204
Anna, St. (Dorf in Krain)	284
Annaberg	172
— Stadt	87
— (in Oberschles.)	142
Anna-Dodici	718
Annenur (Stadt Caucas.)	267
Anns-Hill. St.	22
Anspach	110
Antioquia	168
Antisana, Berg	1795
— Höhle	1496
— Meierei	1262
Antonio San de Cucuta	124
— San (America)	645
Aosta	181
Apiai	133
Aporthorn	1021
Appenzell	213
Aranda Altode	954
Aranjuez	154
Ararat (Armenien)	1080
Aarau	114
Arber	453
Arberg	143
Arbesan (Posthaus)	93
Arbizon, Pic	876
Arburg-Hill	75
Arche	512
Arequipa, Vulcan	839
Areskuten	485
Arete de Tablahuma	1413
Argenkogel	742
Argenthal	152
Argual	89

ilberbergw.	2121	Auerbacher Quelle	497
	3116	Auersberg (Schloſs im	
f (America)	5964	Würzb.)	1693
	9959	Auersberg (Schloſs in	
	1062	Krain)	3186
	1856	Aufhalt	262
	2322	Augsburg	1464
Ruhrspiegel	560	Augustusberg	992
	849	Aulnay	351
apascape	953	Auronze	8604
	720	Ausserardens	6169
o, Dorf	7776	Aussee, (Steiermark)	2082
wddy	2773	— Stadt	638
oberer	9024	Aussig, Elbspiegel	372
unterer	8910	Ausspann	1240
	2636	Autane	9029
	2823	Aux	1202
Dorf	3694	Auxerre	266
	2108	Avalon	829
ielle	3433	Avern	668
La, Dorf	6270	Avignon, Stadt	85
rg	1160	— (Jura-Berg)	2832
	1905	Avio	476
	3133	Awatscha	9006
	1682	Ax	2300
ro El.	7896	Axedge	1645
	757	Ayavaca, Dorf	8442
Paſs	14568		
Berg	2536	**B.**	
g Alt	2385	Bacharach	266
Neu	2519	Backnang	780
	2436	Badany	4164
in	227	Baden-Baden, Quelle	543
	291	— Schloſsberg	1476
der Monte Santo	6360	Baden (bei Wien)	638
Hochebene	10800	Badenweiler, Stadt	1296
Vorgebirge	7200	— Schloſs	1421
Spitze	13200	Badrinath höchster Pic	21996
Berg	7296	— niedrigster	20369
-Groſs	5239	Baenzlauistock t.	7810

Bärenkopf, (Hessen)	2028
— (Vogesen)	2874
Baffaud, Dorf	3612
Bagborough	800
Bagneux	375
Bahlingen	1564
Baiersbronn	1560
Baigory, St. Etienne de	499
Baikal-See	1715
Baillardspitze	2904
Bairat	7150
Baireuth	1105
Balaspoor	1375
Balding	20091
Baldissero, Dorf	1311
— Berg	1698
Baldo	6768
Balgheim	2150
Ballenstedt	539
Ballon, Mont	4220
— d'Alsace	3870
— de Lure	3492
— de Servance	3726
Ballrechten	1028
Balme, Dorf	4420
Balm La	2598
Balmhorn	11415
Balmont	1116
Bamsaru, Paſs	14494
Banneza La	2184
Banio	2098
Banstead	540
Baou de Bretagne	3252
Bara-Debi	6571
Bar-le Duc	569
Baranco-Hondo	1232
Barancas de Johannes (Amer.)	9840
Barasson	9180
Barbosa	4385
Barcellona	204
Barcellonette (Savoyen)	3480
Barchi Col di	4321
Bardon-Hill	800
Bareaul, Hammerw.	297
Barnaby-Moor	736
Baroude, Pic	9192
Barozo, Altura de	3780
Barquisimeto	1657
Bartenheim	759
Barthelemi, St. Pic d'Appi	7152
Bartolomeo, S. (Can. Ins.)	2591
Barton-Hill	958
Baruschowitz	676
Basel, Stadt	822
— Rheinspiegel	752
Basredon, Dorf	2802
Bassano	459
Bast-Berg	958
Bastei (bei Dresden)	856
Battenderg, Warte	1409
Battok, Mount	3235
Bautzen	578
Bayard, Mont	3752
Bayerbach	1417
Beachy-Head	529
Beacons of Brecknock	2685
Beacon-Hill	647
Béat St., Dorf	1634
Beaumont	2341
Bebra	711
Beckhur	11894
Beckingen	1661
Bedinam-brav	2953
Beeler Stösschen	4571
Beerenberg (Insel Mayen)	6840
Beeston Castle	522
Beggingen	1662
Begnins	1707
Beidara, Stadt	7110

vir	2316	Bernhard, Groſse	8460
	4313	— — Paſs	7476
	1080	— — Hospitz	7668
	831	— kleine, Hospitz	6750
her (Sibirien)	5643	Bernkastel	315
	1135	Bernstein, Dorf	1948
	2398	Besançon	755
	9666	Beseno	1415
at t.	7642	Besigheim	525
	1921	Besse	3191
	790	Betschan	4380
, Stadt	723	Bettichen	1192
	1281	Betzberg	6212
	2570	Betzdorf	2205
(bei Pilnitz)	1013	Beuscer, Monte	3852
	3288	Bex	1328
ers	3766	— Salinen	2354
iond	3059	Bezières	358
e	3637	Bhadrai	7038
vis	4378	Biberach	1652
	7386	Bickenbach, Schloſs	722
e (Spanien)	1980	Biedenkopf, Schloſs	1136
	829	Biédoux Pic	9396
San	5130	Biesnitz, klein	806
n	2814	Bielenhorn t.	8[illegible]
	2822	Bilarkenstein	5860
h	2527	Bilbao	69
	12198	Bildstocker Höhe	1267
Iont	8090	Billeta	3498
shübel	920	Billstein, Berg	2000
z (bei Staufen)	3165	Bilstein, Stadt	908
	4302	Bingres	1368
-Urch t.	2742	Binsdorf	1071
rg, Stadt	1342	Binzen	853
	115	Birbronnen	2253
ig t.	3358	Birikulskaja	496
nt od. Bemont	2940	Birkendorf	2432
	1792	Birkenfeld	1228
ı	2832	Birken-Kogl t.	8687
:k	1224	Birs, Quelle	2348

Bisbino	4144
Bischoffingen	732
Bischofsheim	564
Bischweiler	415
Biscota, Alpe	4451
Bispingen	676
Bistrouv	3849
Bitz	2765
Black-Comb (Cumb.) t.	1801
Blackhouse-Height's	2223
Black-Hambleton-Dawn (Yorks.) t.	1169
Black-larg	2710
Blaitier	7992
Blankenburg	724
Blasien St.	2369
— St., Abtei	2277
Blassenberg	5511
Blattenhorn t.	8729
Blaue Berge (Jamaica)	6828
Blauen Berg	3586
Bleasdale Forest (Lancas.) t.	1604
Blechhütte (Harz)	619
Bleiberg	2256
— (Kärnth.)	2832
Blessberg, Groſse	2791
— Kleine	2146
Blössling, Berg	4019
Bloskilb	1781
Blümle-Berg	1611
Blümlis alp	11393
Blue-Ridge	2047
Bober, Quelle	1234
Bocza	2840
Bodenburg	476
Bodensee, Wasserspiegel	1164
Bodewin	5880
Bodmen t.	2420
Böllerfelden	2863
Börsel, Berg	552

Boersten	119
Boetzberg	387
Bötzingen	66
Boffalora	51
Bogota, Sta. Fe de	818
Bogshal Heath	43
Bockeveld Plateau	498
Boladore	266
Bolca, Burgo di	296
Bolgario Monte	349
Boll	236
Boll, Schwefelbad	128
Bollendorf, Berg bei	113
Boller, Berg	226
Bollersberg	229
Bollingen	121
Bollschwell	108
Bologna	31
Bondorf	263
Bonn Rhein	13
Bonnamäs	3
Bonneville (Arvesp.)	14
Bonvoisin	64
Boppard	2
Bopser	14
Borgomanero	8
Borkenkrug	236
Borna	3
Bornum	4
Boscolengo	417
Bossenheimer Berg	6
Botley Hill	8
Botton Head (Yorks.) t.	139
Botzen	109
Boudières	66
Bouchel, See von	366
Boulquera	499
Boulsworth Hill (Lancas.) t.	158
Bous, Pic	154
Bow-Fell t.	27

Bow-Hill	659
Bradfield Point (Yorks.) t.	1169
Bradley Knoll (Sommers.) t.	913
Bräunli t.	6619
Bragança	2502
Braico-urch t.	3358
Brandberg	1295
Brandenberg	2391
Brandenmark Berg	531
Brandhey (Harz)	1812
rand-Joch t.	7423
rassus	3208
rauncaire (Frankr.)	78
raunenberg bei Aalen	2182
raunlage	1697
raunschweig	292
ransdorfer-Berg	510
reisach Alt-	728
reitenau	3173
reitenberg	2331
reithorn t.	11691
reitlaue t.	6463
relo, Berg	1467
renden	2774
renin Fawr. (Pembrokes.) t.	1206
renner, Posthaus	4374
renner, Paſs darüber	4114
rennkogel	9000
eslau	400
esse La	1938
essair	3840
est	108
etzweil	1913
euil (Alpendorf)	6177
even	7836
iançon	4026
ieg	419
iegels, Dorf	4050
ight ling Down	606
Brixen	1903
Broadlaw	2632
Broadway Beacon (Glocesters.) t.	1019
Brocken	3633
Brockenkrug	2452
Brogau, Wirthshaus	2732
Brogen, Dorf	2732
Bronveau	646
Broson	8262
Broterode	1708
Brown Clee Hill t.	1694
Brown Willy (Cornw.) t.	1284
Brozzo, Dorf	2546
Bruchberg	2739
Brucheca	3856
Bruck, a. d. Muhr	1393
Brückenberg, Dorf	2293
Brünig, Paſs	3196
Brüssel	262
Brüx	628
Schloſsberg bei Brüx. (Böhmen)	1192
Bruménil	948
Brumpt	446
Brunate	2256
Brunnecken	2610
Brunnholz	2941
Brunone-Monte	9426
Bruyères	1488
Bryg	2114
Bubenberg	1772
Bubendorf, Bad	1141
Bucharische Steppe	1116
Buchau	2065
Buchberg	638
Buchberg, Schlesien	2410
Buchenhübel (Sudeten)	2540
Buchhalde, Berg t.	2679
Buchholz	1919

Buchstein (Schelterwald)	1787
Buchtorma	808
Buckhill	2229
Buckow Groſs	379
Budislau	6886
Budissin	669
Budosch	9000
Budrai (Badrai)	7040
Budweis	1152
Bühlhubel t.	3630
Bühnert, Berg	238
Buenavista, Berg	5010
Bündihorn t.	7832
Bürgelen, Probstei	2083
Büsletenhorn t.	10563
Büsson	810
Buet	9468
Buga, Stadt	2994
Bugarach	3903
Buggenried	2779
Buitrago	3126
Bukhtarminsk, Fort	840
Bulle, Stadt	2400
Bunzlau	737
Buoch	1583
Burendo-Paſs	14235
Burgbühl (Obernheim)	3002
Burgfelden	2820
Burgos	2694
Burkardsrode	779
Burtigni	2266
Busca	1290
Bussen	2364
Buster Hill (Hamps.) t.	860
Buticas	1519
Butserhill	859
Butte de Sers	5111
Buttenhausen	1881
Butterton Hill (Devons.) t.	1129
Buxweiler	677

Bwlch Mawr (Caernarvons.) t.	1
Bykle	1

C.

Cabezo di Maria	5
Cabo do Mondego	
Cacadogne	5
Cader Ferwyn (Merionets.) t.	2
Cader-Idris t.	2
Cänisfluhe t.	6
Caermorthen-Vau t.	2
Cairgorm	3
Cairnferg	1
Cairn-Kinnow	1
Cala, Dörfchen	4
Calaboro, Stadt	
Calais	
Calbega	5
Caldas	
Caldera, (Canar. Inseln)	2
Calf Hill t.	2
Callado de Plata	4
Callao	
Calmot	6
Calpi, Dorf	9
Calvagione	5
Camanacoa, Stadt	
Camaron, Berg	1
Cambridge (America)	
Camentz	
Cameragh-Riedge	2
Campiam	2
Campodolcino	3
Canald	
Canazei	4
Canigou	8
Cannstadt	
Canoas	21

anoscie	714
antal	5713
pac - Urcu	16380
patsch, Alpe	7058
pellante (Brecknoks.) t.	2246
pellen, Dorf (Oestr.)	2047
pel Kynon (Caernarvorns.) t.	981
po d'Istria. t.	4198
po di Terstenik. t.	3815
pula, Pächterei	6450
puzin	4552
quesa (Amer.)	5757
racas	2496
Silla de	8100
rnedd - Flewellyn	3252
arſuſs	4847
riaco, Stadt	30
riben	177
ripe	2472
rlos S. (Amer.)	511
rmel	2064
rnedd David t.	3215
rnedd Llewellyn t.	3255
rnero Monte	8432
rolina (America)	5581
rolina la (Spanien)	1700
rpio, Dorf	7080
rraton Hill t.	1133
rtago	169
rthago, Stadt (America)	2964
rtres	738
rralhos	637
saccia	4614
sal	235
scas, Dorf	4110
ssel (Hessen)	483
ssine del Uomo	6722
stanheira	75
starella	2842
Castelas (bei Marseille) t.	2371
Castellamonte, Stadt	1153
Castellaun	1224
Castle King	827
Casueletta	2696
Cat - Law	2123
Catlenburg	373
Catocache	15420
Catuaro, Dorf	1134
Cavarère	6906
Cawsand Beacon (Devons.) t.	1681
Caxamarca	8792
Cayambe	18168
Cembra	1816
Cenis Mont	11058
— Paſs daselbst	6363
Cerajon de Martas	4620
Ceramede Monte	5110
Cerf	1010
Cergue	3212
Cermetta Collo della	3958
Cerny Brain Mountain t.	1742
Cero, Dorf.	2282
Cerra de St. Pallonia	9192
Cerro Axusco	11310
Cerro de Cocollar	2448
Cerro de la Cruce	9882
Cerro de la Giganto	4619
Cerro de Macultepée	4734
Cerro de Sitzan	11622
Cerro de Xolucar	2502
Cerro pelado	1894
Cerro ventoso	8772
Certa del Porta Chuelo	5736
Certon	1815
Cervello (Corsica)	5622
Cervin (Mont Chervin)	7438
Chabauspitze	2658
Chaberton t.	9624

Chabrières	9093
Chahorra	9276
Chaillot petit	7379
Chaillot de Vieux	10224
Chalanges	8200
Chalet Gobet, Paſs	2665
Chalons sur Marne	338
Chamalièves (Loires.)	1555
Chambery	822
Chambon, Dorf	2750
Chamechande	6437
Chamouni, Priorei	3144
Champagny	1164
Champeleon	6437
Champleon Puy	7545
Champs du Feu	3320
Chamvens	3696
Chanctonburg-Ring	764
Chandpur	8033
Changrezhing, Dorf	11730
Chantouzet	4378
Chapelle de Vassivières	4016
Chapoltepec, Meierei	6432
Charance	4799
Charang, Paſs	16578
— Dorf	11260
Charang-Kama, Paſs	11823
Charbres	4618
Charo, Stadt	5868
Charvey Mont	2376
Charwendelspitzen	7322 7306
Chasserale	4666
Chasseron	4957
Chasna, Dorf	4013
Chastreix	3257
Chateau de Murat le Quayre	3212
Chateau de Bousson	1270
Chatellon	522
Chatillon	1653
Chatrat, Dorf	28
Chaumes Les	39
Chaumont	4
Chaux, Schlucht von	25
Chaver Praça	11
Chaveli	9
Cheirkumim, Quelle	47
Chenaletta	8
Cheviot Hill t.	24
Chiavasso	7
Chiavenna	10
Chilpansingo, Stadt	42
Chimboraço, Spitze	201
— beob. Ort	18
Chinama	18
Chingasa, Capelle	101
Chiquinquira	80
Chiracibery	64
Chironico, Dorf	25
Chocs, Alpe. (Karpath.)	49
Cholsum, Gebirge	62
Cholula, Stadt	64
Chongba, Paſs	110
Chonzin Ben	27
Choor	99
Chrenoisspitze	30
Chrischona	13
Christianenberg (Böhmen)	14
Christo (Stancho)	26
Christoval San	55
Christophsthal	19
Chur	18
Chur, Berg (Ostind.)	113
Chur (Himlaya)	110
Cicon Mont	301
Cima del Craste	70
Cime del Impossibile	178
Cima de Toringa	54
Cima di Doccia	413
Cima di Vernina	391

ima Dodici t.	7189	Col de la Mer	9990
mone Monte	6645	Col de Lanière	9990
napecuaro, Dorf	5808	Col de la Seigne	7578
tlaltepetl oder Pico de		Col de Maleutra	5113
Orizaba t.	16302	Col de Menté	4238
amard	417	Col de Noyer	5091
ude St.	1383	Col d'Ournon	2549
use (an der Steier)	1534	Col de Praclos	5938
ave Dawn (Glow-		Col de Saix	10338
sters.) t.	1064	Col de Seigne	7578
rmont Ferrand	1262	Col de Servières	7182
ugh Ben	2269	Col de Siclaire	9093
di (Leros)	1012	Col de Siolane	9069
fton	541	Col de Souffle	9744
mont	2049	Col de Tende	5526
vesberg	419	Col de Terret	7146
mseugh	2063	Col de Tressere	5326
sette, Paſs	3696	Col de Turbat	9957
burg, Schloſs	1583	Col di Barchi	4322
chila (Sciros)	2429	Col di Four	8376
ln (Rhein)	130	Col du Braun	3013
re de Pérote	12588	Col du Brois	2520
mbra	281	Col du Galibier	8593
iin-berg oder Mon-		Col d'Urtis	5664
te Cavallo t.	2458	Col Grande (Kärnthen)	4979
re, Stadt	1824	Collado de Plata	4170
bert	2472	Colleda	654
d'Aubergnan	7824	Collenberg	1285
de Balme	6748	Collier Saw (Durham) t.	1574
de Bonhomme	7530	Colmar, Stadt	577
de Braun (bei Nizza)	3013	Colmar, Berg	1080
de Braun (Tyrol)	4727	Colombier	4453
de Brois	2518	Colombier Grand	5200
de Cabre	5202	Col Tarat	7146
de Cermetta	3888	Combin	13252
de Fenètres	6953	Comer See	772
de Forclaz	4668	Comi	1050
de Geant	10578	Condeira	393
de la Coche	6437	Confinale t.	10392
de Lagnet	9986	Coniston Fell (Lancas.) t.	2418

Constanz	1182
Conteaux, Berg	9618
Contraviesa	8700
Contreras	1830
Corail	1612
Corasson	14988
Corbon	2886
Corcovado (Brasil.)	1970
Cordes, Dorf	2754
Cordoba	748
Corley	695
Cornée la	3512
Corneille, Berg	2331
Corno di Canzo t.	4230
Corona La (Canar.)	1837
Corravilliers	1428
Cortina	3775
Costa bona	7578
Coste Loupet	7470
Côte de Delme	1142
Cotopaxi	17712
Cottbus	262
Courlarde	5076
Courroux	2466
Court	2029
Courtelain	2136
Crabère	8124
Crabicules Pic de	9900
Cradle Mountain t.	2388
Crammont	8424
Cravanche	1260
Crespadore, Dorf	1171
Cret de Chalem	3414
Cret de la Goutte	4992
Cret de Locle	3185
Cret Moniot	3312
Cristol St.	2526
Croag - Patrik	2500
Crodo	1650
Croisée de Gimel	3370

Cronau, Dorf	
Crontite	
Croſs - Fell t.	
Crouagh	
Crowborough - Beacon	
Cruce di Muraglia	
Crustolo	
Csuk t.	
Chuchilla de Guandisava	
Cuença	
Cuernavaca, Stadt	
Cueva	
Cuevas, Dorf	
Culmberg (Vogtland)	
Cumana, Hafen	
Cumanacon	
Cumbe, Dorf	
Cumbre de Mulhazein	
Cunnersdorf	
Cuptana	
Czerwa - Gora	

D.

Daba, Hochgebirge	
Dachberg	
Dachsehen	
Dachstein bei Hallstadt	
Dadelishorn t.	
Daeumel	
Dammersfeld	
Dankar, Fort	
Dannenfels (Donnersb.)	
Danzewelle - Kopf t.	
Darmstadt	
Darney	
Datmar	
Dattenreit	
Daubitz, Dorf	
Dauphin Mont	
Davos, Dorf	

idecke	5046	Diey Saint	1062
	506	Dijon	856
	2223	Dillingen	1262
erg	3127	Dillinger Berg	1412
	2570	Dinario	7000
	3329	Dinkelshäuserberg	1095
	2706	Disentis, Abtei	3549
	1386	Ditchling Beacon	805
)attenreit	1128	Diumbier Alpe	6170
de	1142	Dobratsch (Kärnthen)	7375
	2295	Dobritz Groſs	443
poli)	2155	Dodeinaz	12571
hrspiegel	340	Doeblen	563
rg	2712	Dörenberg bei Osnabrück	1096
	820	Dörfle, Altglashütte	3056
rcle	9156	Dogne, Quelle der	5212
es	6789	Dohna	425
alion	4572	Doldenhorn. t.	11182
sée	11388	Dole Mont	5176
di	9805	Dollaburn	2663
Cumberl.) t.	1046	Dolmar	2403
Capelle	3360	Dolzig	348
o	20000	Domo d'Ossola	1017
	3271	Donau (bei Sigmaringen)	1692
	116	Donaueschingen	2124
er Höhe	1640	Donauwerth	1053
vaga, Stadt	2126	Done, Berg	2544
Berg	4387	Donnersberg bei Trier. t.	2090
'eter	2219	Donnersberg. (Böhmen)	2513
	1160	Donnersberg (Böhmen)	2064
	23214	Donnon	3230
ri[1]	26340	Donnon-Grand.	3138
ri	24166	Dornach, Schloſs.	1494
	23999	Dornborner Kopf	2083
g (Helena)	2692	Dortmund	440
g	1472	Dossen	5196
fen (Rhein)	1189	Dossoledo, Dorf	3853
	619	Dottingen	2329

ch Perrot in Nivellement Barom.

Doub, Quelle	2856
Dovre	1454
Dovrefield, Paſs nach Drontheim	4285
Drachenfels (Dürkheim)	1767
Drachenkopf am Rhein	1010
Draskirchen	544
Drau, Quelle	3680
Drebkau	308
Dreiherrenstein	2191
Dreispitz t.	7790
Dreisselberg	3798
Dreistelz	2092
Dresden, Stadt	306
Drettenhorn t.	8629
Dronatz	9005
Drouveyre	6437
Dschamautre	23925
Dschawehir	24156
Dubrowino, Spiegel des Obi	189
Dümpelfeld	655
Dündenhorn. t.	8730
Düngelfeld	855
Düngenheim	1420
Dünkirchen	28
Dürande la, Berg	3985
Dürrheim	2150
Dürrwangen	1810
Düsseldorf (Rhein)	120
Duida	7938
Dundroigh	1968
Dunkery Beacon (Sommers.) t.	1565
Dunnose	743
Durlberg	5586
Duttweiler	677
Dwggan (Brecknoks.) t.	1943
Dyhrnfurt	338

E.

Ebernburg	69
Ebersberg (Harz)	202
Ebersdorf (Grafsch. Reuss)	159
Ebingen t.	216
Ebnet	100
Echatz, Quelle	179
Echlerdingen	130
Echternach	48
Eclüse Fort	120
Edelmannskopf	26
Edelsberg t.	50
Edelschrot, Berg	25
Ederquelle	18
Eger	13
Eggischwand t.	36
Egmont (Neuseeland)	143
Egna Col de	66
Egnard St.	41
Ehingen	15
Ehrenbreitstein	5
Ehrenfriedersdorf	16
Eibenberg	47
Eichelberg (Harz)	16
Eichelberg bei Rothenfels (Schwaben)	16
Eichelspitze	16
Eierhauk	24
Eiger t.	12
Eimeldingen	8
Einkorn, Berg (Schwaben)	13
Einsiedeln	28
Eisenach	6
Eisenbach	32
Eisenerz (Oestr.)	00
Eisleben	2
Eitersberg	15
Elbebrun	43
Elberfeld	4
Elbersweiler	9

lbingerode	1414	Erbach	632
lbrus	17388	Ereslids, Ebene	5471
l Coral de Almaguer	2160	Erfurt	585
lend	1380	Erlangen	997
lias (Ipsara)	1678	Erlebrück	2920
lias (Mykone)	1222	Erneralda	1062
lias (Santorin)	1808	Erndtebrück, Dorf	1550
lias (Tenedos)	591	Erndthalden	1641
lias (Zea)	1745	Ernstberg	2080
liasberg (Amer.)	16974	Ert-berg t.	2481
liasberg (Milo)	3400	Erwitte, Dorf	339
liasberg (Nordam.) t.	16758	Erzberg (Oestr.)	4693
liasberg (Paros)	2361	Erzeck t.	6762
liasbrunn	1978	Erzkasten	3982
lm	3055	Eschholzmatt	2675
lmau	2683	Escorial	3408
lmstein	693	Escoubous, See	6313
lwangen, Schloſs	1331	Eselshöhe	1600
zach	1206	Esmeralda	1062
mishard	2186	Espadan Pico de	3394
mmeldingen	829	Esperanza (Canar. Ins)	2563
mmendingen	626	Esperou, Dorf	3716
cero Alto de	2576	Espinasse	3251
der-Mättingen	1604	Espitalette	4489
dingen	582	Essenberg	1305
ego	2540	Esslingen	703
gelberg	3185	Estables, Dorf	4161
gelhorn t.	8769	Estanzia de las Vacas	8669
gelsberg bei Olpe	1799	Estobon	1638
gststadt	1580	Estrella	5305
gstingen Groſs-	2112	Etang	2508
gstlen t.	5723	Etoges	449
gstlingen t.	6001	Ettrick-Pen	2092
nabeuren	2406	Ettlingen	375
ontekis	1341	Eula	730
sisheim	677	Eulenstein (Harz)	1302
tlibuch, Schloſs	2240	Evillers-Geländes	2832
vie	903	Eyafields-Yökul	5394
omeo	2364	Ezel	6554

F.

Fähnern, Alpe	4676
Fälkniſs	7825
Fahid	2313
Fahlen, Dorf	2697
Fairlight Down	562
Fairwether (Nordam.)	13824
Falkenberge	2037
Falkenberg, Stadt	240
Falkenstein	1020
Fallerhorn	7863
Fanaserberg	6338
Faraux	7542
Fargusone	4910
Farnleiten	3316
Farnsberg	2358
Farrenberg	2537
Farrenkapf	2335
Fastenberg	2861
Faucille	4093
Faugerolle - l'Eglise	914
Faulhorn t.	82[illegible]0
Faulkogel	8100
Fauverge	2976
Faxefield	4002
Fechinger - Berg	1070
Feistelberg	1258
Fekenberg	2651
Feldberg gr. bei Frankf.	2606
— kleiner	2379
Feldberg, Dorf, (Schwarzw.)	1159
Feldberg t. (Schwarzw.)	4597
Feldberg - See	3417
Feldsee	3401
Feldstädten	2405
Felipe San	5892
Fellbach	874
Fell - Horn t.	5388
Felsberg	1578
Felshorn t.	8600
Felſs Pfarrthurm t.	1
Feltre	
Fenatz	2
Fenisberg	4
Ferenberg	2
Ferner, Groſse	7
Feuerbacher Heide	1
Feuerkogl	4
Feuerstädter Berg t.	5
Fibia	8
Fichtelberg	3
Fieudo	8
Filisur, Dorf	3
Finestra	6
Finestre, Dorf	2
Finndals Brücke	2
Finsterahorn t.	13
Finstermünz (Oestr.)	2
First t.	7
Fisistock t.	8
Fiume	
Fix, Dorf	3
Fizer t.	7
Flachau	2
Fläscherberg	3
Flaunsen, Groſse	8
Flinsberger Bad	1
Flirsch, Pfarrthurm t.	3
Flitscher, Klause	1
— Schloſs	2
Florenz	
Florenzberg	1
Fluberig	6
Fogstue	2
Fohren	1
Fohrenbühl	2
Folgaria, Plateau	3
Folgaria, Stadt	3
— Berg	4
Folgefond, Gletscher t.	4

Folie La	4035
Foligno	559
Fontainebleau	406
Fontana Mora, Dorf	2337
Fontargante, Pic de	8682
Fontclairan, Dorf	2942
Forbach (bei Christophthal)	1970
Formazza	3817
— Alpe de	5820
— Glacier de	8180
Formico	4854
Formonaz	5659
Forst	3751
Foudai	1212
Fougères	3224
Fouillouse	5700
Fourcanade, Pic	9414
Fraile	14232
Framont	1266
Frankensteiner Höhe	1300
Frankenstein (Hardtgeb.)	724
— Schloſs	1090
Frankfurt a. M.	228
— a. d. O.	116
Frankovich	968
Franzensbad	1417
Frastenzer Sandberg t.	5010
Frau t., Bergspitze	10896
Frauenberg, (Hessen)	1241
Frauenberg (Rhön)	1118
Frauenkogel	5431
Frau Hüt t.	6492
Fraukogel	7043
Freiberg	1146
Freiburg	871
Freisingen	1096
Frenkendorf	1030
Fresmillo, Quelle	3336
Freudenstadt	2175
Friedberg, Stadt in Steierm.	1755

Friedrichsfelde	148
Friesensteine	2888
Frischbrunnen, Dörfchen	2281
Fröſsen	1696
Frutingen t.	2127
Frutigen, Dorf	2534
Fuenta de la Cuchilla	4842
Fürkli-Scheideck	7251
Fürth	578
Füssen	2455
Fulda	838
Fundl-Kopf t.	7371
Furca (Paſs)	7788
Furca di Betta	8106
Furca di Bosca	7213
Furtwangen	2691
Fusagasuga, Dorf	5640

G.

Gabel (Böhmen)	750
Gablenz	445
Gaderiolhorn	8725
Gadmen t.	3707
Gadria-Berg	9036
Gänsehals (am Rhein)	1587
Gaggenau	433
Gahma	1839
Gais (Schweiz)	2938
Galanda	8360
Galfinstein	1597
Galiegos Los	8292
Gallen St.	2086
Gallenstok	11323
Gams (Schweiz)	1413
Gamshaag	6570
Gandersheim	397
Gandstock	6985
Gangautri	9684
Ganges, Quelle	12141
Gangtang, Paſs	17167

Gans (am Rhein)	947	George St.	290
Gant-Kosel t.	5725	Geradmer	204
Gap	2306	Gerberstein	214
Garandie, Dorf	3155	Gerbier de Jones	481
Garde d'Eycenac	2969	Gerbizon	323
Gardon, Quelle d.	2877	Gerihorn t.	659
Gariach	2814	Gerloswand	661
Gario	11028	Gerlosstein, Alpe	581
Gasave, Meierei	7392	Germada-berg t.	201
Gascas Alto de	5448	Geronimo San	22
Gasterenholz t.	4153	Gersbach	24
Gastein (Oestreich)	6298	Gerstenhorn t.	100
Gaube, See	5492	Gerwyn Goch t.	16
Gavarnie	4438	Geseke, Stadt	3
Gavernu	7182	Geyrenspitze	78
Geba	2442	Geyerskopf	85
Gebrannte Stein	2682	Gex	18
Gede	8611	Ghuhsul, Paſs	148
Gefrees	1697	Giandola	[illegible]
Geiersberg (b. Aschaffenb.)	1900	Gibraltar, Felsen	14
Geisberg (Salzburg)	3852	Giesleflue	23
Geisberg (bei Heidelberg)	1120	Gieſsen	[illegible]
Geisfluh (bei Oltingen)	2961	Gifhorn, Allerspiegel	[illegible]
Geishöhe	1670	Gilmshügel	10
Geishorn höchst. Punct t.	6900	Gilotepec	78
Geiſsberg (Schwarzw.)	2179	Gilserts-berg t.	70
Geiſselstein	2185	Gimbreter Höhe	[illegible]
Geiſslingen	1220	Gimpel-berg t.	63
Gellihorn t.	6980	Ginesio, Monte St.	28
Geltsch	2018	Giornico, Schloſs	11
Gelterkinden	1228	Giramena	[illegible]
Gemmi, Paſs	6985	Girecour	10
Gempenfluh	2331	Giri, Quelle	68
Genestous, Dorf	2937	Giromagny	14
Genevre, Mont	5960	Gittelde	[illegible]
Genf	1252	Glarus	14
Genfer-See	1150	Glaserberg	27
Gengenbach	567	Glaswaldsee	25
Genkingen	2400	Glatz (Böhmen)	8
Gennaro	3924	Gleichberg, Groſse	23

Kleine	2116	Gotha	878
t.	6000	Gottesberg, Stadt	1729
	1108	Gotthard t.	8587
	7176	— Hospitz	6440
oſs –	11982	Gounong-Pasaman	12732
hütte daselbst	6625	Gousta	6080
	1324	Gozzano	1050
t.	10294	Grabenstädten	2260
	3493	Gradiaberg	9036
e	5827	Graditzberg	1255
	212	Grätz	1206
erg, t.	8216	Grafenhausen	2684
streich)	2586	Graieck	1857
	2097	Granada, Hochebene	2180
estreich)	2114	Grande Replan	3222
(ebend.)	1566	Grand Mont	3222
	249	Grangeberg	4368
	2762	Granter Mont	5917
	3300	Grasmere-Fell	2590
rdlich	7428	Grassenberg	8381
dlich	6714	Grassoney, Schloſs	4138
	1502	Gray-Stock	8816
e	7812	Greene	362
	1430	Greenwich, Observ.	100
	1632	Greialper Höhe	6177
	287	Greiner	6554
	660	Grenier	5968
	246	Grenoble	746
	412	Grenzacher Horn	1157
(Schlesien)	631	Gressonay	4254
(bei Urmund)	1920	Grevenmachern, Mosel	392
(Oestreich)	8233	Gridone di Spoccia	6666
in (Böhmen)	1946	— — Brisago	6744
horn t.	5948	Gries, Fuſssteig	7338
	112	Griesbach	1501
(Oestreich)	1319	Griesberg, Paſs	7338
eim	1483	Grieshorn	9460
ma, Dorf	6438	Grigna, Monte della t.	7428
	4344	Grigos, Montanno de	8000
	700	Grijo	1434

Grimma	398
Grimming	1877
Grimsel	9104
Grimsel, Hospital	5757
— Paſs	6638
Grindelwald t.	3507
Gringley	332
Gripliun	12000
Grödner Joch	6608
Groſse Rad	4707
Groſsenhain	324
Groſse Teich	3786
Grossingberg	6078
Groſs Rettenstein t.	6767
Groſs Schlagendorf (Ungarn)	1997
Groſswald	3554
Grubenstetten t.	2260
Grüllenburg	1155
Grün-Berg (Baireuth)	2071
Grünenplan	744
Grünlaſs, Dorf	1269
Grünwald (Schwarzwald)	2853
Grund	978
Grundlsee	2031
Grugéres, Schloſs	2482
G'schasi-Kopf	3204
Gspaltenhorn t.	10874
Guacara, Dorf	1614
Guacharo, Höhle	3036
Guachucal, Dorf	9684
Guadalaxara	2254
Guadaloupe, Solfatara	4790
Guadarama, Gebirge	8002
Guadarama, Paſs	4526
Guadarrama	3000
Guaduas	3540
Guaira La, Hafen	24
Guaiteira (St. Miguel)	2812
Guallabamba, Dorf	6888

Gualtaquillo, Dorf	392
Guamang, Dorf	6
Guanacas, Paſs	1380
Guanaguana	131
Guanami, Paſs	1027
Guanapalo	47
Guanaxuato	642
Guancabamba, Dorf	616
Guangamarca, Dorf	750
Guarita del Paramo	1079
Guaroman	100
Guasintlan, Dorf	322
Guayaval El	528
Guchilaque, Dorf	751
Guckenberg	263
Gümmelwald t.	430
Günthersthal	108
Gündelwangen	242
Guensberry-Hill	200
Guia	171
Guichicovi Pueblo	80
Guimar, Vulcan (Teneriffa)	402
Guimar	91
Guique, Dorf	133
Guiteritz	127
Guler	115
Gumgrath t.	692
Gunas, Paſs	1502
Gunong Dompo	1120
Gunong Kasambru	1407
Gurtis-Spitz t.	545
Guscheralp	557
Gutach (Wutach)	230
Guttannen t.	329
Guttenstein, Marktflecken	140

H.

Haarte, Berg	120
Habelschwerd	101
Hachenburg, Schloſs	12

Hacienda de Tarifa	810
Hacienda de la Chivela	738
Hackenberg	5860
Hackenweg	4135
Haenglihorn t.	8150
Haerdler Berg	2306
Haeusern	2713
Hagen, Stadt	340
Hagenau	443
Hahnkoppe	2295
Haigerloch	1364
Halberstadt	397
Halle	303
Hallein	1453
Hallenberg	1208
Hallstadt, Oestr.	1467
Haltenfels	2544
Halver, Dorf	1228
Ham	189
Hambato	8310
Hampton Poor House	81
Hanga, Dorf	10697
Hangendhorn t.	10166
Hanger Hill	216
Hangetgletscherhorn	10070
Hango, Dorf	10761
Hangrang, Paſs	13987
Hannover	202
Happach	2440
Harcour	136
Harderberg	452
Harebacken	4297
Harol	1296
Harteng	5224
Hart-Fell	3099
Harthausen	1270
Harzburg	640
Hasenberg (Stuttg.)	1436
Hasenmatte (Jura)	4476
Hasenstiel	1576
Haspel, Berg	1338
Haſslach	662
Hathersedge (Derbys.) t.	1293
Haloviejo	4466
Hatseroe-wand	9783
Hatzfeld	1039
Hauberg	1412
Haukogel	8964
Hausach	739
Hausberg bei Butzbach	1350
Hausen (am Thann)	2269
Haut d'Honec	4128
Haut de Fresse	2232
Haut-du-Rhau	2982
Haut du Thann	3060
Haut-Pierre	2748
Hautschel	2628
Heas, Dorf	4512
Heas, Aiguillon de	9138
Heather'sedge	1419
Hechingen	1671
Hecla	4790
Hedgehope (Northumb.) t.	2204
Heidelberg in Thüringen	1161
Heidelberg, akad. Inst.	313
Heidelberg (Böhmen)	3517
Heidenheim (a. d. Brenz)	1528
Heidenkopf	2142
Heilbron	515
Heilbronner Warte	936
Heiligenblat	4206
Heiligenbrunn (Schwarzwald)	2049
Heiligenberg (bei Heidelberg)	1148
Heiligenstock (Harz)	1752
Heimberg (Rhön)	1327
Heimsheim	1234
Heinersdorf	2010
Heinrichsgrün	2090

Heinrichshöhe	3159
Heitersheim	1036
Helmsgrün	1819
Helmstedt	429
Helvellin (Cumberl.) t.	2867
Hempelsbaude	3839
Hemsdorf	405
Hensbarrow Beacon t.	970
Heppenheim	362
Herault, Quelle	4337
Herbia Groſse	9921
Herbitzheim	647
Herbrechtingen	1416
Herchenheimer Höhe	1974
Herins	4847
Herment, Stadt	2545
Hermittans, Pic	9324
Hermsdorf	336
Herrenberg	1300
Herrenwies	2340
Herrnhut	944
Herzberg (Sachs.)	220
Herzberg (am Harz)	745
Herzog Ernst	9096
Herzogenweiler	2708
Hessenberg	1316
Heuberg t. (Schweiz)	8418
Heuchelberger Warte	930
Heuscheuer (Rieseng.)	2893
Hienerspill	8335
Hierdals Gkytsgaard	481
Hierlaz (Salzburg)	5772
Heighclere	844
High Pike (Cumberl.) t.	1971
Hildesheim	148
Hillseleng	1968
Hils	1135
Hind-Head	866
Hindu-Kuh	19230
Hinteralp (Salzburg)	5070

Hinter-Sonnenwend-Joch	607
Hircey	21[illegible]
Hirschberg, Stadt	10[illegible]
Hirschberg, Stadt (Graf. Reuſs)	15[illegible]
Hirschberg, Berg (Oestr.)	60[illegible]
Hirschegg (Steierm.)	214
Hirschensprung (bei Karlsbad)	15[illegible]
Hirschfangsberg t.	58[illegible]
Hirschkogel	679
Hirschstetten	231
Hirzli	5[illegible]
Hirzwald	306
Hisselau, Dorf	144
Hitterdals Kirke	29
Hoch-Ach (Eifel)	222
Hochberg (Schles.)	193
Hochblauen, Berg	330
Hochdorf (bei Nagold)	175
Hochederberg	859
Hochfelden	57
Hochfilzen (Oestreich)	298
Hochfürst	371
Hochgadmenstock	952
Hochgailing	979
Hochgerach oder Apilla Spitz t.	602
Hochhorn	1063
Hochhut	832
Hochkopf (Schwarzw.)	395
Hochrütti	394
Hochsalven-berg t.	560
Hochsat	139
Hoch-Simmern	183
Hochstetten, Dorf	238
Hochstollen	766
Hochstrassenberg t.	607
Hoch-Tschernowand	1164
Hochvogel t.	794

ei Sommerau)	2985	Hohenstein (Lausitz)	1282
Schlesien)	2699	Hohenstein (bei Dresden)	867
	6535	Hohenstollen t.	7688
	1800	Hohentwiel	2150
and	3126	Hohenwartshöhe	10393
chweiz)	5906	Hohenzollern t.	2621
g	1598	Hoher-Fürst t.	10463
, Wirthshaus		Hohe Thron	7245
	4461	Hohmatt t.	6392
	1119	Hoierswerda	285
Freiburg)	2646	Hollage	215
(Sohle beim		Hollan-Hill	593
)	2038	Hollenburg, Draubrücke	1314
	5711	Hollenstein, Dorf	1368
Reich)	2849	Holm Moſs (Derbys.) t.	1749
	1621	Holzeberg (bei Zöſen)	2301
	1086	Holzminden, Wesers.	273
esers.)	274	Homburg vor d. Höhe	533
	2767	Homburg, Schloſs	908
	1412	Homburg (Schwarzw.)	713
elle t.	4503	Homest, Berg	2027
	3036	Hommelunde	989
(Harz)	1893	Honda	1088
(Gernsbach)	2960	Honrubia	3246
se	3242	Horben	1897
rg	1025	Horgen, Schloſs	1247
Belvedere das.	1128	Horheim	1155
g, Dorf (Oestr.)	1519	Hornberg, Gutachspiegel	1079
ger Gscheid	2502	Hornburg, Ilsespiegel	388
ch (bei Schwäb.		Hornisgrinde	3616
	1699	Horquetta La	5568
	1488	Horsterkopf	1227
n, Dorf	1959	Horstmar, Stadt	346
skopf	2068	Hové	357
echberg	2266	Hoya la, Dorf	6432
ufen (Salzb.)	5408	Hradeck	431
ufen (Würt.) t.	2253	Hrasz	1848
ffen	5520	Huancavelica	11010
Ieroldseck	1609	Hube, Wirthsh.	784
lms	1360	Hube, Regenborn	942

Hückeswagen	920
Huehuetoca, Dorf	7068
Hühnerthalistock	9930
Hünerseddel	2302
Huertas las, Meierei	2970
Hüttau	2058
Hütliberg	2686
Hüttenbühl	842
Hüttgeswasen	2034
Hulftegg	3252
Hukeo-Paſs	14812
Hummels	2402
Hunau, Berg	2484
Hundskopf	2897
Hundsrücken (Schwarzw.)	3815
Hundstein	1223
Hussoco	4994
Huttberg (Böhmen)	1462
Huyseburg	917
I.	
Jacal, El	9618
Jackson's Mountain höchst.	2350
— nied.	2019
Jako, Berg	7619
Jägerthal	605
Jauer (Böhmen)	663
Jauersberg	3000
Javirac	9612
Javita	996
Jaxt (bei Ellwangen)	1346
Ibach Unter-	3015
— Ober-	3207
Ibague, Stadt	4218
Ibarra, Villa de	7104
Ibbenbühren	231
Iberg	1767
Iburg	338
Ichubamba, Wasserfall	8250
Icononzo, natürl. Brücke	2754
Ictaccihuatl	14736
Ida	544
Idarkopf	226
Idria	144
Jeconlee	2058
Jegno-Apo	533
Jerkin	282
Jewahir, Pic	2415
Ifinger Spitze t.	784
Igrija de Bom Jesus	118
Ihringen	62
Ilanz, Dorf	220
Ildefonso San	384
Ildefonse St.	355
— Paſs	574
Ilefeld	84
Ilguautla	798
Illenitze	276
Ilsenburg	71
Illiniza	1630
Imberg	212
Immenrode (Weddesp)	571
Imnau	1210
Impfingen	150
Imst, Pfarrthurm t.	253
Incarojo	207
Inciensal El	742
Infernay	985
Ingatambo, Meierei	334
Ingbers St.	68
Ingleborough, höchster Punct	222
Ingolstadt	104
Inkpin Beacon t.	94
Innsbruck t.	176
Inselsberg	294
Interlaken	177
Joachimsthal	225
Joaô Altura de San	1117
Joares Llano	8160
Joch, Paſs	6820

Jocelme	13002
Jochliberg	6735
Jökullfial	3500
Johann St. (Berg bei Moyenvic)	947
Johann-Georgenstadt	2392
Johannisberg (bei Aschaffenburg)	1411
onsbais	2252
ordana La, Pächterei	8028
ordana	8233
orullo	4002
oug d'Aigle	7252
ougne	3052
oux Lac de	3000
ris (Asien)	412
kutzk	1355
mé, Pic de	8019
schel	1333
sella	1997
senstock	8185
seran, Gletscher	12455
slahuaka, Flecken	7956
ssima, Dorf	2901
tacolumi	5400
talitz Koi (Altai)	10068
tambe (Brasil.)	5590
tlingen, Schloſs	226
uchlisberg t.	8094
udenbuckel (bei Weinheim)	682
udenburg	2268
iterbock	210
ughat	3444
ufen-berg t.	6070
ungfernstein (Sachs.)	1269
ungfrau t.	12850
ungfrauhorn	12870
upiter (Naxos)	3124
ustedahlgletscher	5736

Ivrea, Stadt	739
Jyteck	4554

K.

Kadelburg (Rhein)	967
Kämpfenberg	1254
Kärfenstock	8405
Käsberg	5215
Käsmark	1050
Käsmarkerspitze	7974
Kohlbacher Grat	5269
Kahlenberg (Trier)	1324
Kahlenberg (Oestreich)	1530
Kahlwang, Marktflecken	2202
Kajesk	531
Kaiserjoch t.	9569
Kaiserau, Schloſs	3330
Kaiser Ferdinandsberg	4163
Kaiserslautern	759
Kaiserstuhl (bei Freiburg)	1733
Kalinuskaja	1104
Kalisberg t.	3364
Kallenfluh(b.Waldenburg)	3177
Kallerberg	7877
Kalmanka	364
Kalmberg	5434
Kalmuk (Hardtgeb.)	2048
Kalte Herberge (bei Neukirch)	3174
Kaltenberg	992
Kaltenberg-Ferner t.	8912
Kaltenborn (am Rhein)	1422
Kamberg (Africa)	5300
Kameniak	1660
Kamerstock	6340
Kamillenberg (Coblenz)	1165
Kammkoppel	4004
Kamor	5437
Kampffeld	1613
Kampong (Malabar)	6213

Kampong (Mavajon)	2848	Kellberg	20
— (Nenkellen)	3511	— Dorf	14
Kanazai	4582	Kellenberg	35
Kandelberg	3909	Kempel (od. Zeires)	52
Kandern (Schwarzw.)	1103	Kempten	20
Kandersteg t.	3543	Kennfuſs	11
Kanoom, Dorf	8443	Kergen, Dorf (Caucasus)	56
Kanzensteig	3845	Kerki (Samos)	44
Kapellenberg (bei Reinlich)	1043	Kesselberg	43
Karlisberg	6030	Kéubrang, Paſs	171
Karlovitz t.	2361	Khair-Kumin, Quelle	46
Karlsbad höchst. Punct	1248	Kholzure (Sibir.)	64
Karlsbad	1176	Kiachta	24
— Sprudel	1161	Kierringfiall	27
Karlsberg Riesengeb.	2542	Kifhäuser	14
Karlshafen, Wesers.	291	Kilhope Law (Durham) t.	20
Karlshöhen	292	Kill	8
Karlsruhe	380	Killington	32
Karlstein (Schwarzw.)	3012	Kindersteg (Schweiz)	45
Karstberg	1486	Kings-Arbour	1
Kasan	580	Kinzig Klein-	23
Kasbeck	14400	Kinzig Kulm	63
Kaschino	372	Kirchberg, Dorf	13
Kaschiev	312	Kirchspitze (bei Marb.)	10
Kascaiva	4500	Kirn	5
Kastelberg	1368	Kirnberg	15
Kasten Hohe	5540	Kislowodskaja	24
Katharinen-Linde	1349	Kistenberg	103
Katschberger Paſs	4895	Kit Hill (Cornw.) t.	10
Katscher Paſs	4896	Kittisvara	3
Katzbach, Quelle bei		Kitzelberg	20
Kelschdorf	1388	Klachau	24
Katzenbuckel (Odenwald)	1880	Klackberg	41
Katzenstein (Schwarzw.)	1695	Klagenfurt	13
Kaulberg (Harz)	1572	Klappersteine	34
Kaulsdorf	128	Klaridenberg	100
Kautokamo	784	Klein-Kreutz-Spitz t.	77
Kedar-Kama	11906	Kleitschberg	15
Kedarnath, Tempel	11246	Klek	65
Kelleberg	996	Klinge, Weg darüber	18

	473	Korkogel	5827
	2223	Korkotjokko	4400
–	258	Kornbühl t.	2732
	2560	Koschenberg	489
	4825	Kosel	510
Down	2532	Kosorkze	1039
ıerica)	3329	Kothbach-Spitze t.	7904
	876	Krähenbach, Jägerhaus	2690
	230	Krainburg	1177
Hessen)	1176	Krakau	669
hein)	1666	Krappitz	444
Saline	225	Krasnoiarsk	490
a. d. Brenz)	1542	Krasnojarskoi	684
ber-	865	Krasnoretschinskoe	504
chloſs	750	Kraubat	1705
	549	Krautskainpaſs	6704
achsen)	1120	Krehberg (Odenwald)	1650
ei Frankf.)	1191	Kreineck	1006
ei Ober Urſel)	2600	Kreuzberg (Hessen)	2800
(Carpathen)	2244	Kreuzberg (zwischen Ve-	
ei Heidelb.)	1752	nedig und Tyrol)	5102
d t.	11871	Kreuzberg (Franken)	1962
	1552	Kreuzberg (Sachsen)	2996
	6796	Kreuzberg (Schweiz)	5860
ohmener)	757	Kreuzburg (Schles.)	651
ttewalder)	748	Kreuzjoch	7646
, Dorf	2187	Kreuznach	315
.	2046	Kreuznach (Hardt)	970
	572	Kreuzspitz Klein	7738
y	1392	Kreuzstein, Dorf (Baireuth)	1501
ammerwerk	1345	Krieglach, Dorf	1614
	5427	Kriepenstein	5721
	953	Krippenstein	6002
aſs	15020	Krol	15915
	2760	Kroneberg	5190
ı	82	Krozingen Nieder-	740
Main	1475	Kyrwan Groſs-	7538
, Dorf	1844	Kschees (Caucasus)	5370
r	1913	Kubani (Böhmen)	4219
	1676	Kublis	2448

Künzelsau	674	Lahnberg (Riesengeb.)	[illegible]
Kürnberg	1531	Lahr	[illegible]
Küssenberg, Ruine	1964	Lairo	[illegible]
Küstelberg, Dorf	2064	Laken, Dorf	[illegible]
— Schloſs	2442	Lakh, Dorf	[illegible]
Kützen	7795	Lamark	[illegible]
Kuhstall	970	Lamba-Thath	[illegible]
Kuksberg	1098	Lamerhorn t.	[illegible]
Kukurazza	4680	Lampertsloch	[illegible]
Kulm	691	Landeck, Bad	[illegible]
Kulmer Berg	1294	Landoz	[illegible]
Kumen-berg t.	2039	Landser	[illegible]
Kupferberg (Breisgau)	2600	Landshut (in Schles.)	[illegible]
Kupferberg (Schlesien)	1580	Laudshuter Berg (Schles.)	[illegible]
Kupferberg (Böhmen)	1330	Landskrone (bei Görlitz)	[illegible]
Kupfersuhl	818	Landskrone (am Rhein)	[illegible]
Kurinskaja	665	Landskrone, Belvedere	[illegible]
Kurja	672	Landwehrgrund, Stadt	[illegible]
Kutschenberg	552	Langeck	[illegible]
Kynast	1812	Langenau	[illegible]
Kynsivara	607	Langenbrück (Schweiz)	[illegible]
		Langenfeld, Dorf (Krain)	[illegible]
L.		Langensalza	[illegible]
Labach-spitz t.	9503	Langensteinbach	[illegible]
Lac de la Fraix	2956	Langgescheid	[illegible]
Lachamp, Dorf	3035	Langogne	[illegible]
Lacher See	850	Langres	[illegible]
Lachna (Olymp)	6120	Langsee	[illegible]
La Costa	5154	Lanoux, Pic de	[illegible]
Ladrillos los	14412	Lanzo	[illegible]
Ladstadt	3297	La Pata Creuse	[illegible]
Lägerberg	3589	Larba, Mont	[illegible]
Lagaves	2599	Larsda	[illegible]
Lago Como	655	Lasenberg	[illegible]
Lago Maggiore	761	Laser Spitz	[illegible]
Lagorei-berg t.	8040	Lassosse, Dorf	[illegible]
Laguiéze, Dorf	3484	Latschberg	[illegible]
Lahn (bei Marb.)	606	Lauba, Elbspiegel	[illegible]
Lahnquelle	1720	Laubach	[illegible]
Lahnberg	1197	Lauban	[illegible]

	7708	Lerma, Rio de	8046
	1382	Lessard, Dorf	3430
	1711	Leutmeritz	353
	1341	Leuk, Bad	4337
Rhein)	888	Leubus	282
	2364	Leugelstock	5314
	11880	Libanon, Spitze	8946
tische Alp.)	6157	Lichtenberg	1278
	9096	Lichtenbrunn	1727
	1533	Lichtenstein, Schloſs	2540
	6449	Lichtenow	141
	1308	Liconcio t.	10221
Schwarzw.)	1841	Liddes	4194
n t.	2503	Liebau	1493
	2309	Liebenstein, Bad	1017
rf	3786	— Altes Schloſs	1472
.	3766	Lie, Berg	1387
	1286	Liebkowitz	1330
	3726	Liegnitz	365
e	7242	Lietzen	1892
	5325	Lieou, See	6196
	8070	Lilienstein	1183
onte t.	8640	Lima	534
	687	Limburg (Schwarzw.)	857
	306	Limon	2948
	225	Limpach	766
	932	Lind (a. d. Ahr)	1475
Elbsp.	405	Lindau	2967
	6450	Lindau t. (im Bodensee)	1196
tagne de la	4110	Lindenberg (bei Lahr)	878
	1038	Lindenbuck	2770
Hütte	4025	Linz	689
	1568	Lippivara	1800
	918	Lissatz t.	2882
Warte	1408	Lisser	5134
t.	2134	Livres	919
rg	1290	Llactacunga	8882
n, See	1863	Llandinan Mountain t.	1781
gel	2142	Llanelian Mountain t.	1041
	2664	Llangeinor Mountain t.	1744

Llanitos Los 8665
Llano de la Venta de Chicapa 342
Llano de Tetrinpa 7404
Llano de Verdecuchu 13044
— de Altarcuchu 13536
Lobau 630
Lobenstein 1405
Lobenstein, Schloſsberg 1644
Lobhorn t. 7915
Locarno (Schweiz) 708
Lochenhof 2702
Lochenstein 2980
Löffingen 2478
Lörrach 922
Löwen (Stadt in Schles.) 480
Löwenberg (am Rhein) 1434
Löwenberg (Stdt. in Schles.) 775
Löwenberger Hof (Rhein) 1110
Löwenkopf (Cap) 2166
Löwenstein, Jagdhaus 1657
Lohacker 2367
Lohmen 522
Lohnsfeld 836
Loibl, Paſs 4030
Loire, Quelle 4312
Lomijauer-See 2123
Lomnitzer Spitze 8100
Longirad 2793
London 162
Long Mountain (Montgomerys.) t. 1248
Long Mount Forest (Shrops.) t. 1571
Lonrms-Eggen 6245
Lons le Saulnier 730
Loosdorf 925
Loosehoe (Yorks.) t. 1317
Lorch (Schwaben) 879
Lord's Seat (Yorks.) t. 1609
Lorenzone 4
Loucyra 3
Loupilon 13
Lourdes 1
Lowositz
Lowthershill 2
Loxa, Stadt 6
Lubine 1
Luboehna 1
Lubst, Quelle
Lucendro-Spitze
Lucern 1
Lucia S. (Canar.)
Lucia, Monte St.
Lübben
Lübens 1
Lücelle, Abtei 1
Lücira 13
Lüneville
Lützelhausen 1
Lützel, Dorf 1
Lützerath
Ludwigsburg
Lugano, See
Luklum
Lulumbaba, S. Antonio de, Dorf
Lung, Paſs
Lungern
Luntz, Dorf 1
Lust, Dorf 1
Lustenau t. 1
Lutter, am Barenberge
Luxeuil
Luxenburg
Luz 2
Lyon

M.

Maca, Dorf 1
Macaluba

dy's Reeks	3193	Mannskopf	2822
	3018	Manosque	1200
	462	Manten	2214
ırgarethen-		Mantes	75
	2052	Manzanares	1934
	4500	Maquibor (America)	1056
g	4842	Maracay (America)	1337
	2012	Marang, Stadt	7976
ze	8000	Maravatio, Dorf	6300
t.	7270	Marayal	547
t.	9039	Marbach	1330
	2801	Marboré, Tour de la	9354
)orf	709	Marboré	10260
ı, Dorf	4140	Marburg, Schloſs	951
Elbe)	128	Marcchairu Col de	4498
t.	2554	Marchand Grand	3186
	394	Marcello St. (Italien)	1875
)orf	108	Maria Sta. (Schweiz)	5609
chebene	2400	Mariahülf	2496
	10192	Mariazell	2455
	2244	Marienbad (Böhmen)	1863
)	2118	Marienberg (Sachsen)	1863
Serro	8000	Marienberg, Stadt	1903
	1023	Marine, Berg	4278
	7537	Marinilla	6356
	2050	Markirchen	1190
schug	1056	Marksuhl	707
ıeidecke	5652	Marseille Observ.	144
rreich)	3105	Marsizzo	6774
	492	Martin St.	2364
lls t.	1355	Martin St., Schloſs	2107
ı, Hochebene	8826	Martin St., Dorf (Thal	
ınca	758	Aosta)	1073
ı	2467	Marzialo, Altures de	673
Paſs	17464	Masatlan, Dorf	3912
rf	11166	Maschairn	5386
	2349	Martigny	1466
	258	Masveaux	1242
	524	Mataro	162
ıa	1145	Matheo St. (Canar.)	2406

Matias Don-	6582
Mauchen	1855
Maurice St.	1772
Maurin	5855
Mauro Mont St.	4727
Maye, Berg	10014
Maven	670
Mawna Koah (O-Whyhee)	13080
Mawna-Roah (O-Whyhee)	14894
Mawna-Wororay (O-Whyhee)	10122
Mayen (Schweiz)	3160
Maypures, Dorf	558
Meal-Fourvoung	2879
Mealhades	193
Meaux	135
Medellin	4549
Medina del Campo	1980
Medvreza (Ungarn)	2732
Meffersdorf	1336
Megamendon	4548
Meggiserhorn t.	6812
Meglisalpe	4667
Mehlis, Dorf	1373
Meinungen	831
Meisner	2481
Meisperach	1170
Meiſsen	258
Melans (Schweiz)	1800
Melderskyn	4558
Meleitschaya, Dorf	1188
Melibocus t.	1677
Me-Lin	7692
Melischauer	2645
Melkerrikopf	3155
Melnischnoi	996
Melone Rocca	10752
Melon Roche	10855

Melun	
Memmingen	1
Mengibar (Quadalquivir)	
Meran (Tyrol)	
Menil Montant	
Mercuriusberg (gr. Staufenberg)	2
Merida (Amer.)	4
Merzig	
Merzla Vodice	2
Mescala, Dorf	1
Mesenille, Dorf	1
Mesmer Hohe	6
Metelicha	
Metma	2
Metz	
Metzingen	1
Meudon	
Meyringen	1
Mexico	7
Mezen, Montagne de	5
Mezenc	5
Mezene	4
Mezières	
Miage-Gletscher	6
Miaune	3
Michael St. (Oestr.)	3
Michel St.	2
Michelsberg	1
Michelsberg (Bruchsal) t.	
Micuipampa	10
Micuipampa, Paſs	5
Middelburg	
Midtskoug	2
Miguel San. el Soldado, Dorf	5
Mijoux	3
Mikola	1
Miltenberg (Main)	
Millwood-Fell	1

Milzeburg	2516
Mimet t.	2328
Mina de Animas	6828
Mina de Mellado	7026
Mina de Rayas	6696
Mina de Vallalpando	7892
Mina, de la Valenciana	7164
Minaya	2244
Minchmoor-Hill	1876
Minden, Wesers.	88
Minksdorf	2382
Miraflores de la Sierra	3732
Miranda del Ebro	1416
Mirandella	637
Mirebel, Chateau de	2159
Mirois le	2958
Miru (Mirting), Dorf	8023
Miserenberg	6995
Mismo	3570
Mittaghorn t.	7221
Mittagshorn	11679
Mittagskogel (Kärnthen)	6462
Mittagsplatte	4245
Mittagsspitze t.	6433
Mittelberg (Rieseng.)	3666
Mitterdorf	2326
Mittersill	2461
Mittlekopf	8520
Modena	201
Möhlin	1486
Möhrm, hohe	3017
Moel-Ellio	2371
— Fammau t.	1731
— Issa t.	973
— Morwith t.	1658
Mönch t.	12663
Möringen	1340
Moesenbron	881
Moessingen	1434
Möttingen Unter-	1535
Moja (Canar. Ins.)	1338
Môle	5748
Mohrenkopf (Trier)	1275
Molkenberg	2884
Monaco	1658
Monadnoc	3051
Moncal, Pic de	10008
Mondalindo	5622
Mondberg	7396
Monderone, Dorf	3783
Mondragon	660
Monetier de Mauray	7564
Monpox, Stadt	396
Mont St.	2094
Montabaurer Höhe?	1403
Montagne de l'Ours	6563
Montagne de l'Oursine	5585
Montaigü	7155
Montalon	2762
Montals	4218
Montanna de Paraguay	8838
Montaña del Fuego (Lancerote)	1471
Montau, Meierei	8040
Montanvert, Hospitz	5724
Mont-Barre	1428
Mont-Blanc	14800
Mont-Cervin	13860
— Paſs darüber	10284
Mont de beau temps (America)	14004
Mont de Lyre	5478
Mont d'Ore, Pay de Sancy t.	5831
Mont de St. Cyr	1996
Mont du Chat	4980
Monte-Baldo t.	6762
Monte-Bondon t.	6702
Monte-Bouscer	3810
Monte Cacume-	3285

Monte - Calvo	4800
Monte - Capreo	4480
Monte - Caren t.	6012
Monte - Cavo	2920
Monte - Corno del Frerône t.	8226
Monte - Croce	5102
Monte della disgrazie t.	11316
Monte della Sybilla	7038
Monte de Treconfiño	3860
Monte di Fato	3192
Monte di Madonia	3528
Monte d'Oro	8163
Monte - Figo	1876
Monte - Gazza t.	6408
Monte generoso t.	5356
Monte - Grabri t.	2836
Monte grosso	6888
Monte Jovet t.	7848
Monte Maggiore t.	4291
Monte Maro	10005
Montendre	5178
Monte - Ossero (auf der Insel Rossini)	1794
Monte Primo	4914
Monte Schiena di Asino	4537
Monte - Pasubio t.	6886
Mont Erix	3654
Monte rotondo	8225
Monte Santo (Athos)	6360
Monte Selva piana t.	2966
Monte Sissol t.	2560
Monte Sizzog t.	6721
Monte - Skanupia t.	6561
Monte S. Primo	5214
Monte Sus (auf d. Insel Cherso) t.	1962
Monte Viso	11808
Montferrat	2559
Mont Genevre, Dorf daselbst	5574
Mont Grenier t.	5916
Mont Louis	4986
Mont Martre	460
Montmirail	514
Montoset	5100
Montouliou, Pic de	8928
Mont Perdu	10310
— — See	7882
Montredon	2245
Montredon, Schloſs	2728
Montrivel	2370
Mont Rosa	14222
Montrouge	303
Montserre	2790
Mont terrible	2442
Mont tourné	10093
Montrachat	3998
Mont Venne	2094
Mont Vergy	7038
Monvallier Pic de	8730
Monzelfeld	1463
Moosberg	1586
Mooswald	2670
Moral El	6390
Morales	426
More, Ben	3626
Morgan Dawn t.	1031
Morgenberg t.	6967
Morgenberghorn	6990
Moritz, Dorf	5676
Morlac	732
Morni, Fort	1982
Morteaux	2172
Mortigny	1374
Moschelandsberg, Schloſs	969
Moschelandsberg	997
Moscow	840
Mosel, Quelle	2232

Mosset	7416
Mossingen	1480
Mottaronte	4633
Motte La	3570
Motestton Down	655
Mounaux, Dorf	3509
Mounné	3905
Mourne-Hill	2345
Mow Capt (Chess.) t.	1024
Mowee	8067
Moyrans	1916
Mozingen	1658
Mucklea	8544
Müant de Bellone	10218
— Höchster Gipfel	12990
Müggelsberg bei Köpenik	342
Mühlbach, Egerspieg.	1414
Mühlbach, Dorf	1447
Mühlberg, Dorf	229
Mühlbergen, Glashütte	929
Muela de Arres	7074
Müllheim	832
Müncheberg, Dorf	210
München	1658
Münchingen	2494
Münsingen	2209
Münster	193
Münster Canals.	159
Münster (Saline am Rhein)	277
Münsterberg, Stadt	622
Mürzuschlag, Marktfl.	2090
Mütte-Kopf t.	8520
Muggart	1170
Muggelsberg (Köpenik)	343
Mulada Pic	10944
Mulalo, Meierei	9552
Mulhazen Pic	10956
Mullbraxhill	2532
Mummelsee	3186
Munipampa	10902

Munten (Schweiz)	1344
Munzenberg	2216
Munzingen	616
Murch (am Einfluſs der Forbach)	1564
Murcia	462
Mure La	2714
Murliberg	5315
Muscau, Neiſsespiegel	275
Muscau	285
Musinet	3505
Mussa	5159
— Alpe della	5464
Mutlenz	901
Mutta	1929
Mutten-Joch t.	7631
Muzo	2687

N.

Nabon, Dorf	8544
Nachtstein	4677
Nad Mlina	5366
Naegelis grätli t.	8608
Naessen, Schloſs	2047
Nagi Fort	8264
Nago, Berg (in Tyrol)	6395
Nahan	3009
Nakle, Dorf	11236
Nako, Dorf	11265
Namaany Cooly Kandy (Ceilon)	5206
Nalgun, Paſs	13973
Nancy	608
Nanganeo, Dorf	6475
Nanos-Berg t.	3988
Nantes	75
Narbonne	204
Nassefeld	7924
Nauders (Oestreich)	3908
Nauscheberg	1535

Nauweiler Höhe	1052
Neapel	26
Neckar (bei Cannstadt)	588
Neckar (bei Eberbach)	393
Neckar (bei Tübingen)	978
Neckarquelle (bei Schwenningen)	2084
Neiſse, Stadt	592
Neiſse, Quelle bei Neiſsbach	2708
Neouville	9714
Nepâl, Thal	3840
Nephin	2476
Neron	4060
Nertschinsk	1730
Nesselblösse	4371
Nesselgrunder Forst	2112
Nethou Pic	10722
Netratich	1642
Neuberg, Dorf (Oestreich)	2106
Neuburgalp	4260
Neudorf	2290
Neudorf (Böhmen)	1108
Neuenkirchen (am Rhein)	785
Neuenweg	2221
Neufang, Berg	1937
Neufchatel	1348
Neuhaus (bei Allmut)	2140
Neuhaus (bei Saarbrück)	1192
Neumarkt (Ungarn)	1735
Neumarktl	1442
Neundorf (Voigtland)	2054
Neunkirchen (bei Wien)	1062
Neunkircher Höhe	1624
Neuntelberg	1781
Neurode, Stadt	1182
Neusalz	190
Neustadt (Schwarzwald)	2546
Neustadt	2435
— (Höhe bei Neustadt)	2859
Neu-Thann	10[illegible]
Neu Valencia (America)	14[illegible]
Nevado de Huila	168[illegible]
Nevado de Toluca	142[illegible]
— — — Hirtenwohnung	112[illegible]
New Inn Hill (Caermarthens.) t.	10[illegible]
Nibrang, Paſs	150[illegible]
Nicolai St.	16[illegible]
Nicolas San, Dorf	80[illegible]
Niederbron	6[illegible]
Niederhofen	19[illegible]
Nieder Nowgorod	10[illegible]
Niedermenndig	5[illegible]
Niederschäffelsheim	5[illegible]
Niederhaslach	7[illegible]
Nierstein t.	5[illegible]
Niesen	73[illegible]
Niesky	5[illegible]
Nieuweveld'sberge	9[illegible]
Nikolaiew, Bergwerke	8[illegible]
Nikolajewskoy	8[illegible]
Nillkapf	27[illegible]
Niloon	41[illegible]
Nilquelle	99[illegible]
Nine Barrow Down	6[illegible]
Nine Staudarts (Westmorel.) t.	20[illegible]
Niti, Paſs	156[illegible]
Nizza	[illegible]
Nocera (Neapel)	14[illegible]
Noehten, Dorf	4[illegible]
Nogales Los	13[illegible]
Noirmont	33[illegible]
Nollendorf, Kirche	21[illegible]
Nollenkopf	23[illegible]
Nonnensteine	9[illegible]
Nonnenweiher	27[illegible]
Noomja, Dorf	78[illegible]

lhausen	527
lheim	337
lcap, Felsenspitze	
appland)	1200
h Berule (Ins. Man) t.	1693
thorberg	7570
re	432
rra	648
rsch	4960
berg	1080
urg, Ruine	2151
a Valencia	1404
i Vara	2494
ien, Wirthshaus	2543

O.

lbis	2613
lp, See	6199
Paſs	6557
lpstack	10248
ch-Alpe oder Groſs-	
berg (Steierm.)	6096
erg (Tyrol)	4803
ergheim t.	632
illig (Mosel)	381
rückenburg, Dorf	2293
ischbach	3220
of	2351
emnitz	1808
-Multen	3452
dorf (Oestreich)	2472
dorf (Schwarzw.)	1595
heim	2774
ied	1360
chafhausen	764
chwörstadt	950
-See (Steierm.)	2986
hie t.	2353
wald	2281
wildalpen	2250

Obioux	8964
Obyr	6842
Ocambaro, Stadt	5742
Ocaña	2370
Ochsenkopf (Erzgeb.)	2744
Ochsenkopf (Franken)	3219
Ochsenstock	7373
Odenspiel	1286
Oderbrück (Harz)	2367
Oe, Paſs	9972
Oedsland	3147
Oechringen	692
Oelberg (Schriesheim)	1342
Oelberg am Rhein	1440
Oellache	2856
Oelscher	5990
Oertler Spitz t.	12019
Oex, Schloſs	3009
Ofen-Scheideck	6486
Ofenfluh	7900
Offenau	467
Offenburg	508
Ofterdingen	1300
Ohlaw, Quelle (bei Alt-mannsdorf)	904
Oignon, Quelle	2136
Oiset	2078
Olan	2308
Olbrück	1139
Oldenhorn	9630
Old-Sarum	249
Olen, Paſs	8628
Olpe, Stadt	964
Oltingen	1836
Olymp (Lachna)	6120
Olymp (Malacca)	11400
Olymp oder Elias (My-tilene)	3041
Olzheim	1511
Omegna, Stadt	1214

Omitlan, Dorf	7578
Ona, Dorf	7560
Oncet, See	7100
Onstmettingen t.	2428
Oppeler Höhe (am Rhein)	1983
Ophir (Sumatra)	12160
Oppenau	875
Oräfa-Yökul	5850
Orbe, Quelle	3616
Orbé	1441
Orbelos	9000
Orgelet	1612
Orgliach-Berg t.	3391
Orleans	360
Ormelingen	1303
Ormont	2684
Ornans	1086
Orotava Villa (Canar. Ins.)	1027
Orpit	1055
Orsières	2731
Orsino	9944
Osnabrück	197
Ossone	970
Osterberg (bei Tübingen)	1365
Osterode	627
Osterwiek	404
Ostraer Berg	709
Ostrich t.	2134
Otaheiti-Berg	10230
Otschalaroo Pic	13420
Ottenstein	2618
Otter Pic	3752
Ottewalder Grund	599
Ottilien-Berg	2466
Ottmachau	628
Ottoschwanden	1385
Ottweiler	810
Otzberg	1150
Our, Quelle	2710
Ovaro	1627
Owir (Kärnthen)	666
Oybin	15
Oyskavelenfield	30
Ozon	126

P.

Paber, Quelle	121
Pablo, Dorf	61
Pabststein (Sachsen)	11
Pacote	37
Padauner-Kogl. t.	63
Padua	
Pädnack	32
Paesana	16
Pak-Berg	38
Paluzzo, Dorf	19
Pamilla	67
Pamplona (America)	71
Pandi oder Mereadillo, Dorf	31
Pangi, Dorf	86
Panir	40
Pansache	112
Pansitara, Dorf	82
Paraguay Monte de	88
Paramo, Berg	88
Paramo de Chulucanas	81
— de Guamani	102
Paramo de Guanacas, Paſs	142
Paramo del Poliche	107
Paramo de Yamoca	83
Parapara, Dorf	5
Parapluie, Berg	18
Pardieiros	12
Paredones los, Ruine	120
Paris	1
Paris Observ.	2
Paris, Plateform	2
Parmesa Banca	94
Parchwitz	2

rma	286	Penipe, Dorf	7812
rnaſs, Spitzb.	3678	Penmaen Maur t.	1445
rpaillon	8384	Pennigant Hill t.	2130
ssau	789	Peñol El-	5796
ssavant	2256	Penzen-Graben-Spitz t.	6624
sso de la Cabulla	3070	Peregrino Alto de	1074
ſswang	3701	Perlos, Dorf	1850
sto, Stadt	8052	Permont	1848
ternion St.	1481	Perote, Stadt	7248
tocha	6950	Perron des Encombres	8685
tscher Kofel t.	6343	Perpignan	222
tschkau	638	Pertuis	3166
tser Kofel t.	6906	Pessade, Dorf	3673
yen, Lac	3702	Pessy Le, Dorf	3023
yerne, Stadt	1397	Pesth	216
zeuaro, Stadt	6780	Petapa Pueblo	702
dernoso	2154	Petellerie	3698
dro San-	7048	Peterhill	2532
dro San-, Dorf (Süd-		Petersalpe (Steierm.)	5430
America)	3504	Petersberg (Böhmen)	1086
droux Pic de	8940	Petersberg (Coblenz)	290
ine	250	Petersberg (bei Odernheim)	879
ric Pic de	8562	Petersberg (am Rhein)	1045
ilsenberg	3145	Petersberg (Rhön)	1320
lée (Martinique)	4416	Petersburg	106
le Mont	3192	Peterskopf (bei Dürkheim)	1423
ileo, Dorf	7902	Peter St. (Schwarzwald)	2224
llingen	1270	Petersthal	1218
linger-Höhe	1486	Peterswald, Posthaus	1687
re du grand Mület t.	9342	Petscha-Hamar [1]	19716
voux	12612	Peyredeyre (Loiresp.)	1589
nafiel	965	Peyrolle	690
nagolosa	2268	Pey-Veuy	3588
ñalara	7716	Pezzen	6435
natura	7392	Pfaffenhoven	498
ndle Hill (Lancas.) t.	1692	Pfaffenwald	2519
ngarn (Merionets.). t.	1417	Pfalzburg	1087
n Hill (Yorks.) t.	2106	Pfandstock	7960

1 Nach Perrot in Tableau compar. u. s. w.

Pfeffelsbad	2110
Pfeffingen, Schloſs	1516
Pfender-Berg t.	3264
Pfingskopf	821
Pfinz, Quelle	1145
Pflasterkaute	880
Pflim-Spitz t.	9558
Pforzheim	800
Pfullingen	1313
Piacenza	246
Pian, Wirthsh.	4894
Piave, Quelle	3978
Piazette, Dorf	3844
Picade	7458
Picago de la Veletta	6924
Pic Cambielli	9960
Pic (auf Cuptana)	9000
Pic (auf St. Carlos de Chiloe	11700
Pic d. Azoren	7554
Pic de Bergons	6504
Pic de la Cascade	10086
Pic de la Pez	10151
Pic de Lauzon	6772
Pic de neige vielle	9696
Pic de Salfares	4062
Pic de Servières	9026
Pic de Mulera	1014
Pic du Chevalier	8163
Pic Duida	7800
Pic du Midi	8958
Pic Manend	7319
Pic Moira	21386
Pic St. Andreas	20430
Pic St. David	20060
Pic St. George	20866
Pic St. Patric	21004
Pichincha Huahua	14748
— Rucu	14940
Pic long	10008
Pico de Itabira	4896
Pico de la Crux	708
Pico del Cedro	6803
Pico de los Muchacos	723
Pico del Pozzo (Gran Canaria)	584
Pico de la Virgara	275
Pico de Orizaba od. Citlalteptl t.	1630
Pico de Vandama	172
Pico de Teneriffa	1120
Pico di Teyda	1145
Pico Ruivo[1]. (Madeira)	569
Piedra del Lagarto	52
Piesberg	53
Pilatusberg	6605
Pillar t.	271
Pilnitz	25
Pilon du Roi t.	219
Pilon St. t.	3067
Piming, Paſs	1268
Pinède	774
Pinheiro	2766
Pino del Dornajito	319
Pino Monte di	3699
Pinzgauer Höhe	4457
Piota, Dorf	322
Pipi, Dorf	164
Pirkendorf	113
Pirmasens	1105
Pisa	5
Pissa la	7722
Pitatumba Alto de	8868
Piter-Boot (Isle de France)	2544

1 Nach Sabine beträgt seine Höhe nur 5103 F. S. Journ. of the Roy. Inst. 1823 Apr.

on de Salèves	4259	Poeylouvic	6552
ton	4230	Pomallacta	8994
z Beverin	8427	Pombal	308
z regneren	8660	Pontains les	3377
z Valrhein	10220	Pontarlier	2548
zlat-berg t.	8595	Ponte grande	1670
z Pesoc	12600	Pontjak-karang	2636
zibianco	9565	Ponto	4176
zo d'Arera	7746	Pontop Pike (Durham) t.	955
zo d'Ambria	8970	Ponzione de Mezzegra	5224
zzo del Ruse	8174	Pooerie, Dorf	5788
zzo di Gino	6972	Popayan	5466
zzo di Moro	7191	Popocatepetl	17884
zzo d'Orsera Monte	3011	Porce, Quelle des	8658
zzo-Scalino t.	10248	Porrentruy	1188
ine de Chamablanc	3867	Porselberg	1155
ncher le Haut	1530	Porsil	2630
nitz, Schloſs	1116	Port de Pineta	7746
teau de Bozat	4665	Port de Siguer, Pic de	9024
teikogel	9748	Portia, Alpe de la	6162
nina	1412	Portillo de San Miguel	908
atta	4244	Porto Chuelo	5736
atte (bei Wiesbaden)	1500	Portsdown Hill	419
attenberg	3100	Posada ob Zornosa	207
uen	1048	— de Durango	393
uensche Felskuppe	594	Poschau	1638
ssenburg	1618	Poseto	10560
ttenberg a. d. Else	590	Posetz Pic	10584
ssoviza t.	2357	Potsdamm, Havel	98
mbières	1296	Pottiga	1558
sse-Berg t.	7680	Potzberg	1684
mone	8748	Pouillat	2190
nlimmon (Cardigans.) t.	2311	Poupet, Berg	2616
, Quelle	6008	Pouzene	7827
laron, Landhaus	7266	Pozuellos, Berg	1380
lessam, Stadt	949	Pradelles	3496
lolie	2852	Pradt, Chateau de	2115
lrosche, Dorf	372	Präg	2033
luelnischnia	630	Prästekonen	1998
schenberg	3151	Prag	592

Pragel-Paſs	5159
Preber (im Lungau)	8610
Precellx Top t.	1646
Predazzo	3198
Predil (Kärnth.)	3591
Prenbühel	3734
Prendil, Paſs	3592
Prenioux Le, Dorf	3094
Prepihel, Paſs	2623
Pres-Haut	2852
Presitie-Berg t.	2284
Presolana	7698
Presburg	312
Prewald	1704
Priebus, Neiſsespiegel	357
Priel	6565
Primo Monte St.	5250
Primolano	727
Probencio	2124
Proble Alto del	5802
Pucaguaica	13920
Pucara Alto de	9756
Puderberg	1756
Puebla La de los Angelos	6756
Puebla Rio	7446
Puech d'Aujou	2513
Puerto de Almansa	2238
Puerto del Rey	2142
Puerta Grande	8088
Puerta Manzanal	3402
Pulla, Berg	9390
Pullingi	932
Purace, Vulcan	13650
Puracé, Dorf	8136
Puripi	4028
Purkgul	21101
Puy de Lassola	3708
Puy de Salomon	3597
Puy Le	1925
Puy de Barme	3366

Puy de Broussen	33
Puy de Charmont	35
Puy de Chatrat	31
Puy de Chomont	34
Puy de Come	39
Puy d'Enfer	33
Puy de Dome t.	45
— petit	39
Puy de la Grange	55
Puy de l'Aiguillier	47
Puy de Fraisse	34
Puy de la Langle	53
Puy de la Nugère	30
Puy de la Tache	49
Puy de Manson	31
Puy de Mary	51
Puy de Montchalme	43
Puy de Montchar	36
Puy de Monteynard	36
Puy de Montgy	35
Puy d'Olloix	313
Puy de la Vache	36
Puy de Pariou	37
Puy de Pasredon	31
Puy de Prudelle	42
Puy-Ferrand	56
Puy Mary	57
Puy Prigue	85
Puy Rodos	32
Puy Violan	48

Q.

Quaderberg (Böhmen)	81
Quairat	95
Quanaxato	64
Quebrada de Boquia	55
Quebrada de Tochacito	81
Quedlinburg	4
Quegrières, Schloſs	38
Quereilh, Dorf	307

uertaro, Stadt	5970
uet	2848
uillichao, Dorf	3390
uilquasi Alto de	6030
uindiu, Paſs	10794
uingay	732
uintana palla	2868
uintanar del Orden	2106
uiretaro	6415
uito	8943

R.

ab	258
benstein (Rhön)	2317
chel (Böhmen)	4432
chelhäuser Kopf	1625
tzkowa	6569
lnor Ferest t.	2030
l-Pavlova	5575
lstadt	2037
lstadt (Oestr.)	2408
lstädter Tauern Paſs	5083
tcham, Dorf	9853
mbert St. Loire	1180
mbo de la Baqueria	10784
ngurh	3804
nmelsberg	1927
npur	3188
nstein, Schloſs	3494
cho del Chocolate	1096
gier	2675
n l'Etape	902
chuschitza-berg t.	3319
tadt	400
tkopf	7758
hausberg	8126
cosa	2719
endorf	1836
chengletscher	6942
münzbach	1163

Rauris	2811
Rauschenberg (Hessen)	907
— Schloſs	1076
Ravensberg (bei Potsdamm)	293
Ravil	7532
Rayas (America)	6699
Razbor-berg t.	3962
Real del Monte, Dorf	8562
Real de Pachuka, Stadt	7638
Realp	4782
Recület	5361
Regeleskapf	2773
Regelsburg	2304
Regensburg	950
Reichenau, Dorf	1878
Reichenau (in Oestreich)	1437
Reichenbach a. d. Murch, Wirthshaus	1548
Reichenberg	1002
Reichenfels (Kärnth.)	1967
Reichenstein, Schloſs	1183
Reiche-Spitz t.	9089
Reifträger	4280
Reifweg	2274
Reigoldswyl	1631
Reinbellen	1175
Reinerz, Bad	1678
Reinfelden	805
Reingrafenstein	945
Remi St.	4936
Remm-Spitz t.	9863
Remscheid	1095
Rennberg	1495
Rennweg	3314
Repi-hibbu	6025
Resegnone de Lecco	5825
Reuenthaler Höhe	1311
Reulissen	5400
Reuthen	365
Reutlingen	1142

Reveneaia-Sopka	3265
Revilds-Eggen	4220
Recina (Sibir.)	495
Rhein (bei Düsseldorf)	100
Rhein (bei Königswinter)	170
Rhein (bei Mainz)	200
Rhein (bei Basel)	755
Rhein (bei Ragatz)	1608
Rheine, Emsspiegel	89
Rheinfall (Schafh.)	1013
Rheinfelden	823
Rheingrafenstein	654
Rhew Mountain t.	950
Rhone, Quelle	5418
Riedern	2150
Rienz, Quelle	4871
Riegel	603
Rigi	5529
Rigifirst	5141
Rigikulm	5542
Rigistafel	4866
Rigolet Haut-	3637
Rigolet, Paſs	3293
Rikenbach	2267
Rimsingen Ober-	638
Rinnberg (Hessen)	1570
Rinteln	202
Riobamba nuevo	8898
Rio Frio, Pächterei	7188
Rio Nare, Mündung	628
Rio Negro	6452
Rious Pic de	9054
Rippin Tor (Devons.) t.	1453
Rippoldsau	1711
Riesenkoppe	4950
— kleine Koppe	4331
— schwarze Koppe	4302
Risoud	4168
Ritzlihorn	101
Rixheim	7
Riva	34
Rivel Mountain t.	17
Rivington Hill t.	14
Rizougspitze	39
Rocca corva	30
Rocca di Papa	22
Roc blanc	78
Rocca la, Dorf	15
Roc de Nievre	29
Roche d'or	26
Rochelle	[illegible]
Rocher de la Fleche	84
Roche d'Antre	29
Roche-Melon bei Susa	108
Rochemolon	108
Rocher de Frene t.	96
Rockfish Gap	13
Rodaz do Maraô	3
Rodney's Pillar t.	11
Roen-berg t.	64
Roethifluh	43
Rötiberg	43
Rogi, Dorf	85
Rohatz	64
Rohr, Dorf	19
Rohracker	8
Rohrberg	26
Rohrhardsberg	35
Rohrkopf	36
Rohrer, Berg	26
Rolandsbreche	92
Rom, Capit.	1
Rongella, Paſs	32
Roocks-hill	6
Roonong, Paſs	136
Rosa Monte[1].	156

1 Diese Bestimmung von Vincent in Mem. della Reale Acc

losa Monte t.	14310	Rudolstadt	1015
losa Santa –	7952	Rückenberg	652
osawitz, Elbs.	342	Rueras	4311
oseberry Topping t.	959	Rüttihof	2667
osegone – Monte	5778	Ruhberg	803
osenberg	1357	Ruhland (Sachs.)	256
osenberg (Böhmen)	1813	Ruhstein	2834
osendorf (Böhmen)	888	Ruldung	19802
osenleithen	2900	Rumbles Moor t.	1227
oſsberg (bei Darmst.)	666	Rummer – Joch t.	7082
oſsberg (bei Hechingen)	2681	Runang, Paſs	13606
oſsberg	4836	Rupberg	2567
oſsbodenstock	8735	Ruppersdorf	1687
oſsbühl	2960	Rupin, Paſs	14525
oſsbühlschanze	2925	Ruppi – Vara	2494
sseck	3549	Ruthingi, Paſs	13735
ssert	1575	Ruvigado	4862
ſskopf	2291	Ryſswyl	1996
stkopf	7758	**S.**	
ſsstock	7700	Saarbrück, Spiegel	575
ſstrappe	1452	Saarburg, Fluſsspiegel	714
ſswangen	1964	Saargemünd	620
thau	1089	Saarlouis	524
thenberg, Dorf (Schwa-ben.)	1078	Saas	3060
		Saatz	727
thenfluh	2039	Sabhate – math	4181
thewand t.	8301	Sabhatu	3945
hhorn	9036	Sachseln	1539
hmatte	3738	Sackpfeife	2103
hstock	8828	Saddlebock t.	2619
om – See	5038	Säckingen	909
orn – See	5607	Sährichen, Dorf	370
tenstein	6735	Säkkok	3000
gemont, Schloſs	3074	Särstein	5901
isses	3495	Sagan (Schlesien)	509
isses Grandes	9359	Sagan (Bobergegend)	305
lig	966	Saifnitz	2412

e Scienze di Turino XXV. 230 macht den Monte Rosa zum höch-
Berge in Europa, ist aber ohne Zweifel unrichtig.

Saile-Berg t.	7883
Sailerberg	6813
Saint-Front	3754
Saint-Michel (in Velay)	2128
Saint-Rambert	1178
Sairsoch	3189
Salak (Java)	6674
Salamanca, Stadt (Amer.)	5412
Salamonde	1518
Salaze (Bourbon)	10200
Salbert Grand	1992
Salève kleiner Jura	2730
Saléve, Mont	4257
Salmonsweil	1474
Salmshöhe	8358
Salüces	1042
Saluzzo	763
Salvi, Mont	2338
Salzach, Quelle	4439
Salzberg (bei Hallein)	3232
Salzburg	1408
Salzuffeln	254
Samern, Dorf	122
San Antonio, Dorf (Amer.)	1296
San Carlos del Rio Negro	762
Sandhöhe, Dorf	2082
Sandoux St., Schloſs	1935
Sandthurm	1642
San Fernando de Apure	204
San Fernando de Atabapo	732
Sangay (America)	16080
San Juan, Dorf (America)	1164
San Juan del Rivo, Dorf	6090
San Martin (Amer.)	1307
Santa Crux, Dorf (in Cumana)	960
Santa Maria de Cubo	2121
Santarem	216
Santa Rosa	8034
Santa Rosalia	437

Santa, Stadt	27
Sant Jago de las Tunas, Dorf	805
Saone, Quelle	124
— (bei Vismenil)	122
— (bei Darney)	73
— (bei Jussy)	71
— (bei Gray)	6
Sapada, Dorf (Venet.)	37
Sapeau	27
Saraj-Gurgh	46
Sarcena	48
Sarcoui Grand	35
Sardaô	
Sasbach	5
Sasso Cimone	37
Sasso del Ferro	32
Sasso Gran	82
Sattel	47
Sattelalpe	42
Sattelsberg t. (Tyrol)	6
Sau, Quelle	28
Saulkogel	81
Saulo	53
Saungla, Dorf	79
Saurot	21
Saurem	95
Sausheim t.	7
Sauzet le Froid	32
Sauveur St.	10
Saverne	5
Sbeoniza t.	31
Scaletta-Scheideck	78
Scarene	10
Scarpignano	69
Scesa plana	91
Schabnik t.	31
Schacken, Dorf	16
Schäfler, Alpe	59
Schaerhorn	101

Schafberg (Roſswangen)	3121
Schafberg (Salzb.)	5351
Schafberg oder Schafburg t.	8233
Schafhausen, Rheinbrücke	1163
Schalksburg	2803
Schandau (Sachsen)	342
— Bad	350
Scharstein, Schloſs	1576
Scharthau	3309
Scharzfeld	828
Schatul-Paſs	14595
Schauenburg a. d. Saar	1780
Schauenburger Schloſs	1854
Scheibenberg, Stadt	2056
Scheiber Koſl	7625
Scheibwald	5672
Scheideck	1684
Scheideck Groſse	6089
Scheideck, Paſs	5996
Scheiterberg	5462
Schelingen	978
Schelstadt	705
Schelter, Berg	1380
Schemnitz	2172
Schenkenzel (Kinzig)	1074
Scheppenstedt	488
Scherkolle t.	1559
Scheyen	6950
Schicos	2100
Schierke	1906
Schilcherhöhe	6736
Schio	661
Schiltach	1094
Schiltach, Posthaus	2401
Schiltberg	7405
Schinhulahua	14420
Schirding	1430
Schlangenberg (Sibir.)	1548
Schlopperebene	9030
Schlegel (Baireuth)	1919
Schleierberg t.	6798
Schlern-Berg t.	7876
Schlettstadt	538
Schliengen	766
Schliereck	2121
Schlingen	635
Schloſsberg (bei Baden)	1476
Schlügen, Paſs	6170
Schmalbach	1268
Schmallenberg, Stadt	1215
Schmelzboden, Bergwerk (Schweiz)	4206
Schmiedeberg, Stadt	1388
Schnabelhorn	3413
Schnarcher, Felsklippen	2079
Schneeberg (Böhmen)	4007
Schneeberg, Dorf (Böhmen)	1758
Schneeberg (Böhmen)	2150
Schneeberg (Fichtelgeb.)	3071
Schneeberg (Franken)	3289
Schneeberg (Oestreich)	6444
Scheeberg, groſse (Rieseng.)	4300
— kleine	3876
Schneeberg (Tyrol)	7764
Schneeberg, Stadt (Sachs.)	1464
Schneegrube, (Riesengeb.)	4488
Schneekopf	3141
Schneidhöhe	1137
Schneifel (bei Schlausenbach	2069
— (bei Cerf)	2320
Schneit-Berg	1681
Schnudelhöhe	2618
Schockl	4778
Schodwien	1604
Schömberg	2100
Schönau (Schlesien)	846
Schönau (Schwarzw.)	1675
Schoenberg (Rhein)	912

Schönberger Höhe (Rhein)	1453
Schönecker	1039
Schöneseifel	1830
Schönemünzach	1360
Schönpriesen, Elbspiegel	359
Schoepfheim, Dorf	2270
Schöppinger Berg	490
Schopfheim	1144
Schorborn, Glashütte	779
Schorndorf	755
Schornen	2392
Schott-Wien	1788
Schramberg	1346
Schreckhorn	12558
Schreibendorf	1476
Schrof-wand t.	8881
Schroot, Quelle	485
Schünberg	2001
Schutzenstein	2245
Schuzgast	440
Schwaningen	1705
Schwäbisch-Hall	804
Schwamberg, Dorf (Steiermark)	729
Schwanden (Schweiz)	1623
Schwarze Berg (Rieseng.)	3605
Schwarze Bühl	2543
Schwarzenberg, Stadt	1335
Schwarze Spitze (Spitzbergen)	4224
Schwarzhorn t.	7562
Schwarzwald (Böhmen)	5870
Schwarzwalter Sennhütte	4480
Schwaz (Oestreich)	1630
Schwedenschanze (Schwaben)	2915
Schweidnitz	778
Schweighof	1325
Schweinfer-Joch t.	11521
Schwelm, Stadt	517

Schwenger-Berg	1
Schwenningen	2
Schweighausen	1
Schwesterkorn (Schweiz)	4
Schwyz	1
Scopa, Dorf	2
Sea Fell (Cumberl.) t.	2
Seben	1
Seeberg	1
Seeberg, Sternw.	1
Seeberg, Groſs-	1
Seebruck	2
See-Ebene	3
Seefelder	2
Seekopf	3
Seegruben-Spitz t.	6
Seelbach	
Seemoos	3
Seesen	
Seewangen	2
Seffern	
Segnes	8
Segnes, Paſs	7
Segovia	2
Seifenberg	4
Seiffertshain	
Seimberg (bei Broterode)	2
Seine, Quelle	1
Seissel	
Seissen	2
Seixos, Castell	3
Sektiniskaia	
Seleginsk	1
Semlanspitz	11
Semmering, Berg	3
Semmering-Paſs	2
Sempacher See	1
Semulujeoe	
Sentis-Höhe	7
Septlaux	7

Sergento el, Berg	5160	Sierra de Picdade	5460
Serra de Arrabida	1534	Sierra (im Puorta del Rey)	2142
ierra de Cintra	1613	Sierra Morena	2291
ierra de Estrella	6061	Sierra Nevada de Sta Marta	18024
ierra de Montachique	3594	Sigismundsberg	2338
ierra de Montejunto	2045	Sigmaringen	1795
ierra de Quadrasal	1575	Sila Monte	4634
ierra de San Antonio	8680	Silberberg, Stadt (Schlesien)	2295
ierra de Palmella	821	Silberbrunnen, Bad	819
ierra de S. Luiz	1117	Silla de Caracas	8100
ierra de Sa. Luzia	600	Sillejord	332
ierro de S. Rosa	9048	Similaun Spitz t.	11117
ierra de Vallongo	844	Simmern	997
ierere, Pic de	9090	Simonside Hill t.	1320
ierooz	2473	Simplon t.	10830
iesanna Sta.	1528	Simplon, Höchste Straſse t.	6174
ieuse	6295	Simplon, Dorf	4552
ëvres	204	Sinai	7200
ewen	1494	Sinapa Sopka	2814
hehallien	3342	Sinaja-Sopka	3631
helkur (Shalkar)	9762	Singalang	11260
hepkee	9809	Singer	1356
hipki, Dorf	9943	Sinzheim	473
hooters Hill	418	Siraberg	7230
Shunnor Tell (Yorks.) t.	2185	Sirenz	789
ia-Berg t.	3810	Sirniz-Alp	7318
Jago (Canaria)	2775	Sirnitz (Schwarzw.)	3313
iddelhorn	8675	Sissach	1201
ideris, Bad	3300	Sissacher Fluh	2261
— Dorf	2802	Sitten	1246
idonie t.	2023	Sixmadun	9113
iegen, Stadt	827	Skalingsfield	2040
iegburg	420	Skiddow t.	2835
ieglitzberg	2198	Skirri-Porri	2680
iegquelle	1762	Skollen	2500
Sierra de Cordboa (Amer.)	9930	Skrad	1970
Sierra de Estre	5233	Slaunig-Berg t.	3152
Sierra de Estremadura	5227	Sleap Dorin	2954
Sierra de Foja	3386		
Sierra de Luxar	5957		

Sligstul	1940
Sliudianaja - Gora	2724
Snea - Fell t.	1880
Sneehättan	7082
Snisnik	6300
Snöfials Yökul	4424
Snowdon t.	3355
Sobernheim	429
Soboli	936
Sochauda - Berge	11928
Söller oder Dreithor Spitze	8061
Sohlberg	2324
Soissons	486
Sokolich t.	2318
Soleil Bian	6132
Solferino, Spitze des alten Thurms daselbst t.	713
Solitüde	1530
Sollstein-Berg, Klein- t.	7802
Solothurn	1284
Solstein Groſser t.	9106
Solothurn, Aarsp.	1310
Som Grand	6463
Somma	3509
Sommerau	2727
Somosierra	4634
Sonderillo, Dorf	6030
Sonne Hohe, Forsthaus (Thüringen)	1333
Sonneberg (Elsas)	1950
Sonn-Joch t.	4549
Sonnenkoppe	2840
Sonnsteinspitz	2638
Sonntagsberg	2076
Sonntheim	2400
Soongnam, Dorf	8463
Soorahun, Stadt	7248
Soorkanda - Berg	8700
Sopak	2530
Soracte	2129
Sorau	43
Sorles	773
Sospello	103
Souto redondo	116
Spandau, Spree	9
Spannort, Groſse	1001
Spaskoe	50
Speer ob Weser	60
Speier	30
Speikkogel	58
Sperberheier Dammhaus	17
Spian - Joch t.	90
Spiegelberg (Sudeten)	28
Spietz, Dorf	16
Spigni-urch t.	30
Spital	15
Spitzberg	25
Spitzberg (Böhmen)	8
Spitzenberg (bei Wetzlar)	7
Spitzenstein	46
Spitzkopf (Hardtgeb.)	13
Spitzliberg	106
Spitzmauer	74
Spitzmeilenberg	76
Spitzmer - Joch t.	74
Spitz - Stein t.	48
Splügen, Paſs	64
Splügen, Dorf	46
Splügen, Wirthshaus	58
Spremberg, Stadt	3
Sprottau	3
Spydberg	6
Sri - Kanta	190
Stadtoldendorf	6
Stahlberg (am Rhein)	11
Stahlberg (bei Moschel)	13
Staika	47
Stainach, Dorf (Oestr.)	19
Stangalpe	71
St. Anna (Steiermark)	25

Sta. Maria, Hospitz	5761	St. Gertraud (Kärnthen)	937
Stanskopf-Berg t.	8464	St. Guillaume	6169
Stanz	1338	St. Johann Höchst t.	1352,20
Starkenburg (Heppenheim)	874	St. Julien, Dorf	2983
Starkenburg (bei Trarbach)	990	St. Leonhard (Kärnth.)	1611
Staro-Aleisk	683	St. Georgen	2672
Staudenhof	2770	St.-Marie-aux-Mines	1179
Staufen	889	St. Martin, Dorf (Amer.)	7236
Stauffen, Berg	1285	St. Michael (Schwarzw.)	802
Stauffenburg, Ruine	1080	Stoch	4878
Staunton	1227	Stockberg	3338
Stauro Aleiskoy	722	Stockholm	300
Stavnicza (Ungarn)	4847	Stocksberger Jagdhaus	1657
Stawropol	1531	Stoffelskuppe	1225
St. Cloud	450	Stollberg	897
Steiger	1036	Stollberg, Schloſs	1066
Steinach	3389	Stoppelberg	1150
Steinacker	1463	Stoppelsberg (Rhön)	1688
Steinasäge	2297	Stopselberg	2039
Steinau, Dorf (Schweiz)	1443	Storvansfield	3330
Steinau (Schlesien)	250	Stow Hill (Harefords.) t.	1330
Steinberg (Schwarzw.)	3516	St. Polo t.	238,80
Steinberg (Tyrol)	7988	Strada t.	2441
Steinberg (Harz)	1428	Strahlenburg	580
Steinen	1045	Stranda-Fiallet	3005
Steinheiderberg	2598	Strascha t.	2320
Steinknigle	1568	Straſsburg	450
Steinwand (Rhön)	2025	Strauchhan	1517
Stelferjoch	7426	Strausdorf	454
Stella	10485	Strehlen	472
Stellenberg	2613	Streifling	1588
Stengerts, Berg	1135	Stresa	733
Sternenberg	2614	Strömklumpen	2689
Sterzing (Oestreich)	2920	Strohhaube (Schlesien)	2275
Stiege	1545	Stromberg	658
Stilfser-Joch t.	8610	Stromboli	2520
Stilfer-Joch t.	7426	Stühli, Paſs	3225
Stinnerkogel	6355	Stühlingen, Wuttach-	
Stirnberg	5899	spiegel	1385
Stirzing	3030	Sturmhaube	4540

Stuttgart	837
Suacha	8046
Sublieres	2400
Suchet Grand	3846
Suchet Petit	3738
Sudline Alp	6384
Suharunpur	1025
Sukhi	8322
Sule-Tind	5524
Sulitelma Süd Gipf.	5173
— Nord Gipf.	5796
Sulz, Neckarbr.	1343
Sulzberg t.	3110
Sulzburg	1033
Sumberg	1308
Sumdo, Dorf	11729
Summerau	2706
Sunigaicu Alto di	13578
Superga	488
Suppingen	2381
Suran, Dorf	6802
Surkunda	8699
Surul	9000
Sustenhorn	10904
Sutton	695
Svuku Fiäll	4145
Sylfie len	2787
Syllfiell	5460
Sylltoppen	6652
Szohova t.	2327
Szalatin	3947

T.

Tablahuma	14336
Tachtlacuaya, kl. Dorf	6678
Tafelberg (Cap) t.	4182
Tafelberg (v.Diemensland)	6000
Tafelfichte	3379
Tafelstein (Thüringen)	2456
Tagliaferro	9133
Tagliamento, Quelle	4142
Taillon	9894
Talefre	8006
Talsarn (Cardigans.) t.	1072
Tamaimo	1604
Tambello El	9000
Tambo de Burcay	9306
Tambo de Guamote	9594
Tamisas	2105
Tancitaro Pico de	9850
Tandeja Hacienda de	7458
Tangermünde, Kirche	127
Tanglieg	8633
Tannenberg, Schloſs	930
Tara	414
Taranda, Dorf	6662
Tarascon	1490
Tarbes	983
Tarnowitz	976
Tartas, Berg	4139
Tarvis, Marktfl. (Kärnth.)	2301
Tasco, Stadt	5496
Tasdorf	142
Tashgeng	11457
Taudain	1860
Tauern	4800
Tauern Heiligenbluter	8052
Tauffen-Joch	6571
Taufstein (bei Frankf.)	2140
Taurer-Joch t.	6546
Tegernau	1354
Tegernsee	2324
Teguize Villa	800
Tehuantepec	108
Tehuilotepec, Silbermine	5514
Teiiaskaia	493
Telegraphenberg (bei Metz)	1088
Telenka Draga	2101
Temascal, Eishöhle	13638

Temascatio, Dorf	5574
Tembleque	1980
Tenda Cal du	5526
Tengdi, Dorf	11260
Tepecuacuilco, Dorf	3114
Teplitz	725
Teplitzer Stift	2172
Tequendama, Höhe des	
Wassersp.	7596
— unten	6570
Terglow (Krain)	9648
Testevoire	4453
Tête de Boeuf	4939
Tête de Nang	4296
Tête prango	6786
Tetschen	457
Tetschen Elbsp.	338
Tetzelstein	880
Teufelsberg (Africa Cap.)	3100
Teufelsburg (Schwarzw.)	1124
Teufelsg'säſs	8717
Teufelshochzeit (Carpat.)	3696
Texeda (Canar.)	2945
Thabor, Berg	1878
Thann	1026
Thanna, Wirthshaus	2340
Tharandt	701
Thengen	1357
Thennenbach	1043
Therma (Lemnos)	1130
Thevenon de Beutrand	4270
Thibet, Hochebene	14003
Thiemendorf	705
Thiengen	706
Thiers, Stadt	1238
Thiersheim	1680
Thingen	1044
Thionville, Mosel	484
Thörichter Gern	6301
Tholey	1187

Thomasset t.	3185
Thor, Hohe	8058
Thumel-Mezereb, Libanon	8946
Thun	1749
Thuner-See	1780
Thurner Der	3211
Tiegereck (Tobolsk)	4613
Tigerskoy	1291
Tjitarum, Quelle	4359
Tjiwedny	3352
Tiloe, nördlich	5090
— südlich	5662
Tinaxos, Ebene	8364
Tintohill	2281
Tiri, Stadt	2184
Titiribi	3709
Tittlis	10296
Tivoli	595
Tlalpujahua	7262
Toblach	3902
Tobol	400
Tocupo	1932
Todtmoos	2494
Todtnau	2035
Tödiberg	11153
Tönnigstein	292
Tönset	3100
Töplitz	700
Tofte	1825
Toiri	5290
Toledo	1734
Toluca	8274
Toulouse	446
Tomba Monte	5590
Tombak Raeijong	5903
Tombenhorn	9795
Tomependa, Dorf	1242
Tomokeu, Paſs	12574
Tomsk	246

Tonai	10296
Tordesillas	1986
Toresby	2700
Torgau	262
Tormaträsk	1200
Tornello	8244
Torres Vedras	361
Totonileo, Dorf	6762
Toul	595
Toulouse	545
Tour	4472
Tour La, Stadt	3103
Tourget	2010
Tourmalet, Paſs	6746
Tourne	10098
Tournette	7068
Tournoelle, Chateau de	1881
Toximilco, Dorf	6930
Trarbach	353
Treun, Quelle	1464
Traundorf	1477
Traunsee	1254
Traunstein	4050
Traversello, Dorf	2732
Trefauer-Kaiser t.	7123
Tregarron Dawn t.	1639
Trelley Beacon t.	949
Trelod	6694
Tresero-Monte t.	11136
Triebenberg	1066
Trient t.	754
Trier	485
Trier Mosel	385
Triest t.	265
Trinité, Alpdorf	5088
Trins, Dorf	2641
Trittlingen	2124
Troeberg	2150
Troglou	9378
Trompeter (bei Wiesbaden)	1560
Tronchats	3048
Tronchy	1473
Trons	2654
Troumouse	9852
Truchtersheim	569
Trunson Trans	2696
Truxillo	198
Truxillo (Amer.)	2530
Tryberg	2092
Tsandra-Badani	7182
Tsandra-Bhawani	5348
Tscharer Paſs	3286
Tschernai Sopka	1562
Tschernitz	408
Tscheroiwand Hoch-	11675
Tsöpeln, Dorf	412
Tuchitan	91
Tübingen, Sternw.	1194
— Neckar	989
Tula	5739
Tuladinskoy	1274
Tulan calco	7065
Tulcan	9498
Tulna	2994
Tulpaiegna	3800
Tumiriquiri	5856
Tunel-Makseb	8892
Tungrang, Paſs	12920
Tungurahua	15264
Tuque de Cieyo	8436
Tuque del Maoupas	9690
Turbaco, Dorf	1122
Turin	607
Turin, Sternw.	738
Tusa, Dorf	9108
Tusis	2280
Tuttlingen	2033
Tuttlinger Höhe	2647
Tuzheegung	21101
Twengg	3491

yrol, Schloſs	2060

U.

bate	7956
chalaru	13420
dine	366
ehlingen	1942
enökoe	7392
hyst	390
lm	1130
llersdorf	523
lrichsberg (Klagenfurth)	3072
lrichstein, Schloſs	1867
nadingen	2018
nimac, Pic	5180
nna, Stadt	342
nt, Dorf	1668
ntermünsterthal	1167
ntersberg	4206
ntersberg	5516
nterschächen	3170
nterst-Malt	2895
nzmarkt	2238
omo del, Paſs	6846
rach	1477
ribarry-Gamboa	1680
sclade, Dorf	3297
stkamenogorsk	692
tschineckowa	293

V.

alaison	11260
al de Moro	1902
aldepennas	2064
alencia (Amer.)	1485
alenciana, Silbermine	7164
alerien Mont	551
alladolid (Amer.)	6006
allendalsee	2461
allenstadt	1300

Vallier Mont	8731
Vallispiken	4100
Vallongo	366
Vallorbe	2367
Valorbe, Dorf	2283
Vals	3828
Valser, Bergpaſs	7714
Valsoragletscher	7728
Vandeix, Dörfchen	3427
Vanne Mont de	2154
Varallo, Stadt	1458
Varens	7200
Varese-See	800
Varrona-Monte	7848
Vastingauer-See	1700
Vaucluse, Schloſs	444
Vaucluse, Berg	1916
Vaucluse, Quelle	336
Vaulion Dent de	4470
Vedretta Marmolato?	10800
Vega de S. Lorenzo, Dorf	6858
Veglia oder Stampalie	1490
Velan Mont	10391
Velez (America)	8764
Velha de Maraô	815
Velica Viscohicza	4338
Velinie Stratistie t.	2248
Veliki-Stol	6878
Velino	7366
Veli-planik t.	3903
Velo Burgo di	3978
Velvic, Stadt	1582
Venda	1710
Venda Figueira	37
Venda nova	1690
Venel	1102
Venta de Almarez	2316
Venta de Juanilla	3636
Venta del Pagador de Castro	2880

Venta del Rincon	2748	Vincent St., Vulcan	30
Venta de Moxente	990	Vincente San	26
Venta de Pindamon	6078	Vinpach	8
Venta grande	3636	Viola Monte	26
Venta la Rancheria (Amer.)	4743	Viso	118
Ventoux Mont	6032	Vittoria	16
Ventozelo	1859	Vittoria (Canar. Ins.)	8
Veran St., Dorf	6279	Viü	24
Verdoppia	7686	Vizille	9
Verdun	528	Viznauerstock	46
Vergara	663	Vodemiak, Berg	26
Vernum Spitz t.	8661	Voehrenbach	24
Verona t.	157	Vogelberg (Schweiz)	35
Vertatscha	6018	Vogelberg	102
Vesuv t.	3695	Vogelheide (Thüringen)	22
Vetschau	201	Vogelsdorf	1
Veyseïre la, Dorf	3303	Vogtsburg	10
Vic	594	Void	7
Vich	1392	Voirlich Ben	30
Vico Soprano	3378	Voiron	9
Victor St. Mont	2780	Voiron	43
Victoria la, Stadt	1614	Voisaco	62
Vierwaldstädter See	1387	Voit-Sommern	20
Viescherhörner	12500	Volasell	28
Vietach	3840	Volcan de agua (Guatimala)	105
Viegas Las, Dorf	7338	Volcano	24
Vignemale	10332	Volzeinerberg	42
Vilan (Angstenberg)	3756	Vorberge	8
Vilanders-Berg t.	7712	Vordernberg	24
Vilaret	2009	Vorie-Duder	34
Villach	1812	Vos	10
Villa de Cura, Stadt	1596	**W.**	
Villalpando	1920	Wacheberg	8
Villafranca	1302	Wachinik Zello	18
Villa verde	2131	Wachsenburg	14
Villeneuve sur Yonne	325	Wachthübel	29
Villeta, Stadt	3342	Wachtkuppel	18
Viller	828	Wadern	8
Villingen, Chaussee	2398	Wagenberg, Groſse (Thüringen	24
Villingen t.	2132		

aidhofen, Dorf	1080
aidihorn	6028
ait-Hill (Nordamer.)	7316
aitzfeld t.	10181
aizdorferberg	1159
akenberg	1473
aldburg	4273
aldagesheim	1076
aldenbuch	1063
aldenburg, Stadt (Schlesien)	1359
aldenburg, Schloſs	1562
— Stadt	1359
alderbsenkopf	2526
aldersbach	1467
aldfischa	822
aldhäuserhof (bei Tübingen)	1515
aldhölzerkopf	1929
aldkamme t.	5491
aldlaubersheim	693
aldraster-Spitz t.	8341
aldschorren	1161
aldshut	1036
— Rhein	954
allenstedter See	1356
alli	4700
alloch Moraviza	1896
alzknopf	1750
andkäfer	6487
anen-Berg t.	7656
angone	2142
annenfluhe	3980
armbrunn	1077
armsroth	983
artburg	1110
artenberg	1601
artha	745
arthaberg	1702
arthoo	10015
Waschenegg	7902
Washington, Berg	9370
Wasserberg	7335
Wasserburg	1241
Waldkopf (bei Ettlingen)	1029
Water-Cragg (Yorks.) t.	2051
Watzmann (Tyrol)	9058
Watzmann (Baiern)	7929
Waxenstein	7109
Waxriegel	5712
Weaver Hill (Stafford) t.	1083
Wechsel	5332
Weggir, Burg	1345
Wehr	1085
Weichselboden, Dorf	1950
Weilerburg t.	1710
Weimar	650
Weiſsegg	8155
Weisselberg	1778
Weissenberg kleine (Thüringen	2282
— — —	2216
Weiſsenburg	564
Weiſsenstadt	1978
Weiſsenstein, Wirthsh. (Schweiz)	6372
Weiſse Wand (Carpaten)	3427
Weiſsfeld	10118
Weiſskeiſsel, Dorf	417
Weiſstannenhöhe	3714
Weitenau	1163
Weitersbach	1292
Wellendingen	2312
Wendel, Stadt	831
Wengern, Alp	6345
Werang, Paſs	12198
Werffen	1532
Werne, Stadt	186
Werningerode	730
Weſsingen	1640

Westex-Yökul	4424
Westhofen, Ruhrbrücke	237
Wetterhorn	11454
Wetterschroffen	8814
Wetterstein	7619
Wetzlar	390
Wewis Ben	3489
Whartu (Hutloo)	10000
Whernside t.	2240
Widspitz-Ferner t.	11591
Wiebersweiler	737
Wieden	2543
Wiedersberger Horn t.	6525
Wiederstein	7786
Wiedesheim	486
Wieladinger Höhe	2217
Wien, Donau	420
Wien	451
Wiesenberg (Schweiz)	3091
Wiesbachenhorn	11000
Wildegrad-Kogl t.	9133
Wildemann	1299
Wildenburg	2099
Wildenkogel	6352
Wilder-See	2843
Wildhaus	3413
Wilferdingen	569
Willmandingen	2617
Wilmarderberg	795
Wilsberg (d. Gleichen)	3351
Wimpfen	460
Windberg (Sachsen)	1027
Windeck (bei Weinheim)	620
Windfels	6879
Windlocher Berg	1262
Wingreen	883
Winterberg (bei Schwelm)	906
Winterberg (Hessen)	1958
Winterberg, Groſser (Sachsen	1599
Winterberg, Kleiner	14[illegible]
Winterhalde (Lothring.)	18[illegible]
Winterlingen	23[illegible]
Winterstaude-Berg t.	57[illegible]
Wipperfurth, Kirche	8[illegible]
Wirijauer-See	17[illegible]
Witgenstein, Schloſs	14[illegible]
Wittenberg, Elbe	2[illegible]
Wittenberg	2[illegible]
Wittichenau	3[illegible]
Wittle Hill (Lancast.) t.	15[illegible]
Wittnau	12[illegible]
Wochodna (Ungarn)	29[illegible]
Wörgel	18[illegible]
Wörner	75[illegible]
Wörtschacht	19[illegible]
Wörzelspitz t.	56[illegible]
Wolfach	8[illegible]
Wolfenbüttel (Okers.)	3[illegible]
Wolfersweiler	11[illegible]
Wolfsberg, Stadt (Kärnthen)	14[illegible]
Wolkenstein, Schloſs	22[illegible]
Wolkenstein, Stadt	14[illegible]
Wollhausen	4[illegible]
Wormser Joch t. (Alpen)	76[illegible]
Wrekin (Shrops.) t.	12[illegible]
Würtemberg, Schloſs	12[illegible]
Wünschelburg, Stadt	14[illegible]
Würzburg	5[illegible]
Wüschelburg	14[illegible]
Wurzbach	16[illegible]
Wurzelberg	23[illegible]

X.

Xalapa, Burg	42[illegible]
Xalapa, Stadt	42[illegible]
Xama Monte	22[illegible]

Y.

Yamunavatari	2221

arumal	6939	Zinchin	15241
ſsingeaux	2522	Zinsweiler	527
ſsingeaux	2470	Ziolmcaure	2100
usu; Quelle d. Sipon	14898	Zipaquira	8207
zanna Monte	6920	Zittau	664
Z.		Zitters, Dorf	1710
ninger Höhe	2623	Zmeinogorsk, Grube	1052
nbaleri, Dorf	4598	Zobtenberg	2318
ngenberg t.	7658	Zöblitz	1871
nière	3233	Zollmijaur	2100
pplau	351	Zongchen	13794
laca Meierei	4086	Zorge, Dorf	1050
ru od. Königsspitze t.	11516	Zschopau	961
gligen	1711	Zuckerhut	8796
hru	11516	Zürch	1251
aya, Stadt	5646	Zürcher See	1284
ll (in Kärnthen)	2844	Zuger See	1303
ll (in Schwaben)	1328	Zugspitze	9099
ll (am Hammersbach)	676	Zumpango, Dorf	3366
lla	1420	Zurder-Kopf t.	5317
llerfeld	1769	Zuschendorf	862
roschitz t.	2504	Zwei-Simmern, Dorf	2939
roviza t.	2587	Zwiselberg (Harz)	1302
belle	497	Zwodau	1233
llhausen	1995	Zwölferkogel	5731
nijacca	7984	Zyrainow, Bergw.	983

Folgende Höhen, nicht über dem Meeresspiegel, sondern n Boden an gerechnet, lassen sich hier anreihen:

chste Pyramide	449,7	Thurm Asinelli in Bologna	330,0
m in Antwerpen	443,5	Thurm der Invalidenkirche in Paris	323,4
nster in Straſsburg	437,5	Dom in Magdeburg	313,0
phanskirche in Wien	425,0	Pantheon in Paris	243,3
tinskirche in Landshut	422,0	Balustrade des Thurms Notre Dame	203,3
erskirche in Rom	407,0	Colonne des Platzes Vendome	129,0
chaeliskirche in Hamburg	402,0	Plaforme des Observatoriums	81,0
erskirche ebend.	367,0		
ilskirche in London	338,0		
nster in Ulm	337,0		
m in Mailand	336,0		

M.

Höhenrauch S. Nebel, trockener.

Höhle.

Grotte; *Caverna;* Caverne, grotte; *Cave, cavern, hole.*

Die in das Gebiet der physischen Geographie gehörig Höhlen sind die zahlreichen unterirdischen Räume, welche s durch ihre unglaubliche Weite, interessante Tropfsteingebil viele und mannigfaltige Reste urweltlicher Geschöpfe und an re Merkwürdigkeiten auszeichnen. Sie lassen sich abtheilen natürliche und künstliche, und die ersteren sind dann in Hauptsache wieder entweder vulcanische oder nicht vulcanisc obgleich in einzelnen Fällen nicht bestimmt zu entscheiden durch welche wirkende Ursachen, entweder einzelne oder v einte, sie entstanden seyn mögen.

Einige ältere Geologen waren nicht abgeneigt, groſse u terirdische Höhlen anzunehmen, welche bei der frühesten G staltung der Erde entstanden seyn, und zum Theil dasjen Wasser aufgenommen haben sollten, wodurch ein ursprüng flüssiger Zustand der Erde bedingt wurde; allein man ist n dings sehr allgemein zu der Ueberzeugung gekommen, daſs d Hypothese eines wässerigen Flüssigkeitszustandes der Erde zuviele überwiegende Gründe gegen sich habe, als daſs sie a recht zu erhalten wäre. Aber auch nach der Theorie der Pl tonisten ist es mindestens wahrscheinlich, daſs durch das Erh ben der Bergmassen bei der Urbildung der Erde eine beträcht che Menge sehr geräumiger unterirdischer Höhlen entstand sind. In welchem Zustande sich dieselben aber gegenwärtig finden, darüber kann man keine andere Untersuchung anstell als welche sich sogleich in das Gebiet der bloſsen Hypothe verliert, und daher am besten ganz unterbleibt[1]. Ungleich cherer läſst sich darthun, daſs die Herde der noch jetzt thätig Vulçane sich in unermeſslichen Höhlen befinden oder mit de selben zusammenhängen, deren innere Structur uns aber unb kannt ist, und ihre Untersuchung wird daher am zweckmäſsi sten mit der Betrachtung der Vulcane verbunden.

1 Vergl. *Geologie.* Th. IV. S. 1284 u. a. a. O.

Bei weitem die Mehrzahl der zugänglichen und bekannten öhlen ist durch die allmälige Wirkung des Wassers auf kalkeinhaltige Lager in einiger Tiefe der Berge entstanden, und i vielen kann man noch gegenwärtig wahrnehmen, daſs die öhlenräume durch Lösung und Auswaschung weicher Kalkeinmassen vermittelst stets flieſsenden Wassers vergröſsert rden. Dieses ist nämlich bei allen denen der Fall, worin inere oder gröſsere Bäche flieſsen oder aus ihnen hervorkomn[1]. Andere Höhlen dagegen sind offenbar durch Einsenkun- entstanden, deren Ursache nicht mit Gewiſsheit nachzuwei- ist, eine geringe Zahl scheint durch Ueberstürzung groſser smassen über einander mit Zurücklassung hohler Räume gelet, und auf ähnliche Weise haben auch die vulcanischen hlen unter ausgedehnten Decken von Lava ihren Ursprung alten. Endlich sind ohne Zweifel viele Höhlen nach von mboldt[2], Breislak[3] und andere durch Hebungen entstan-, welche die zu verschiedenen Zeiten entwickelten elastien Flüssigkeiten verursachten. Die meisten derselben sind ressant wegen ihrer unglaublich groſsen Räume, der schö- groſsartigen und mitunter äuſserst zarten Tropfsteingebilde, che nicht selten die verschiedenartigsten Gegenstände darlen, viele aber hauptsächlich wegen der unglaublichen Menge in ihnen enthaltenen Versteinerungen; in der Regel aber das Besuchen derselben unangenehm und beschwerlich, weil bald hinauf-, bald hinab-steigen, zuweilen durch enge ge kriechen, durch Wasser waten oder schauerliche Felsente auf schmalen natürlichen oder künstlichen Brücken übereiten muſs, und auſserdem in der feuchten und kalten Umng dem Schmutze und dem herabträufelnden Wasser austzt ist. Dessen ungeachtet reizt aber die Neugierde zum gen Besuchen dieser oft unermeſslich groſsen und wundergebildeten Wölbungen.

Eine Menge groſser und interessanter Höhlen ist vermuthnoch gar nicht bekannt, denn mehrere sind erst in neueren n zufällig entdeckt; eine groſse Zahl ist nicht beschrieben,

---

de Luc Briefe über die Geschichte der Erde und die Men- II. Br. 112.

Relation histor. T. I. liv. 3.

Inst. geol. I. 206.

weil noch keine Naturforscher sie untersucht haben. Dennoc
aber ist die Zahl der bereits genauer bekannten unglaublich gro
und eine Aufzählung und ins Einzelne gehende Beschreibun
aller würde theils zu viel Raum erfordern, theils bei zu groſs
Uebereinstimmung in den meisten Stücken nicht einmal genü
gendes Interesse gewähren.

Die bekanntesten und interessantesten derselben sind fo
gende[1]: 1. Die wegen ihrer zahlreichen darin gefundenen Pe
trefacten berühmte *Baumannshöhle* am Harze, mit vielen Sta
lactiten, aus 6 einzelnen Grotten bestehend, welche an 100 Lach
ter in den Berg hineingehen, und durch die wachsenden Trop
steingebilde stets mehr verengt werden[2]. 2. Die *Biels-* od
Bielsteinshöhle, welche erst 1788 zufällig entdeckt wurd
gleichfalls am Harze, enthält keine Petrefacten, wie die Bau
mannshöhle. 3. Die *Schwarzfelderhöhle*, gleichfalls am Harz
war in früheren Zeiten wegen ihrer zahlreichen Petrefacten se
bekannt[3]. 4. Die *Klutert* in der Grafschaft Mark hat 70
Schritte vom Eingange einen Brunnen und nicht weit davon e
wohlschmeckendes Wasser. In tiefer Ferne hört man das Ra
schen eines Wasserfalles[4]. 5. Die *Sundwig-* oder *Prinz*
höhle (von einem Besuche des Kronprinzen von Preuſsen so
genannt) gleichfalls in der Mark, durch schöne Tropfsteingebilde
und viele interessante Petrefacten ausgezeichnet. In ihr hat
man früher eine Muschel mit einem förmlichen Mundstücke ge
funden, welche geblasen einen starken Ton giebt, und denje
nigen gleicht, deren sich die Maron-Neger als Kriegstrompete
bedienen. Da sie durchbohrt ist, um an einem Bande getrage

---

1 Vergl. Beschreibung merkwürdiger Höhlen. Ein Beitrag z
physikal. Geschichte der Erde. Herausgegeben von Dr. Rosenmü
und Dr. Tilesius. Leipzig 1799. und 1805. II Vol. 8. mit 10 und
K. Beschreibung der gröſsten und merkwürdigsten Höhlen u. s. w
von Ritter. Hamburg 1801. Kant phys. Geogr. II. 122. Bergma
physikal. Beschreib. der Erdkugel übers. durch Röhl. Greifsw. 17
8. I. Cap. 7. Buckland Reliquiae diluvianae; cet. 2d ed. Lond. 18
1 Vol. 4. ein sehr gelehrtes, mit vielen schönen und instructiven Ku
pfern geziertes Werk.

2 Buckland p. 117.

3 Ebend. p. 113. Leibnitz Protogaea ex edit. Scheidii. Gö
1749. 4. T. 1. §. 36.

4 Siehe Mannigfaltigkeiten 3. Jahrg. S. 49 bis 59.

zu werden, so deutet dieses auf einen früheren Gebrauch durch Menschen[1]. 6. Eine nicht uninteressante Höhle ist bei *Glücks-brunn* unweit Meinungen im thüringer Walde; 7. desgleichen ei *Mechau* unweit Putzig in Preuſsen, mit stark kieselhalti-gem Tropfsteine[2]. 8. Im Baireuthischen unweit *Muggendorf* ind in einem Thale verschiedene Höhlen, welche sich durch ie erstaunliche Menge der in ihnen vergrabenen Ueberreste ur-eltlicher Thiere auszeichnen[3]. Die *Gailenreuther* besteht aus echs bekannten Abtheilungen, welche meistens durch enge effnungen verbunden sind. In der vorderen Abtheilung findet an Stücke von Kohlen, Trümmer von Urnen und eine groſse lenge meistens zerbrochener Thierknochen. Die Erde ist roſsentheils aus verweseten thierischen Theilen entstanden, und der fünften Abtheilung empfindet man einen eigentlichen Mo-ergeruch[4]. 9. Die *Rosenmüllers - Höhle* ebendaselbst (von rem Beschreiber so genannt) gehört gleichfalls von den vielen rtigen unter die bedeutenderen. Sie enthält auſser interessanten ropfsteingebilden gleichfalls viele Petrefacten, namentlich Köpfe s Höhlen-Bären *(ursus spelaeus)*[5]. 10. Die *Mixtnitzer-Höhle* Steiermark enthält gleichfalls eine Menge Petrefacten[6]. l. Bei *Urach* in Schwaben befindet sich eine Höhle, deren oden mit feinem weiſsem Sande bestreuet ist. Wenn der Schnee f den Alpen schmilzt, so füllt sie sich ganz mit Wasser. Man t gegen eine halbe Meile in ihr vorgedrungen, kennt sie aber

1 S. Hesperus Heft XXVIII. 63. Nöggerath Gebirge Rheinland estphalen II. 28. III. 15.

2 Verhandl. d. Gesellschaft naturf. Freunde I. 184.

3 S. Phil. Trans. 1794. II. 402. Die Umgebungen von Muggen-f, ein Taschenbuch von G. A. Goldfuss. Erlangen 1810. Köppel chreibung der Rosenmüller's und anderer Höhlen bei Muggendorf Baireuth. Erlangen 1795. m. K. 4. Auſser den im Text genannten nt man noch die Höhlennamen *Mockas*, *Zahnloch*, *Zewig*, *Ra-stein*, *Schneiderloch*, *Kühloch*, *Forsters* - Höhle und vielleicht h andere.

4 Esper ausführl. Nachricht von neuentdeckten Zoolithen u. s. w. nberg 1774. Fol. Ders. in Schriften d. Berl. Ges. Naturf. Freunde 56. Buckland a. a. O. S. 133.

5 Rosenmülleri Diss. de ossibus fossil. animalis cuiusdam etc. pz. 1794. 4. Buckland S. 99.

6 Sartori Naturwunder des Oestreich. Kaiserthums.

noch nicht ganz[1]. 12. Im Canton Bern befindet ſich die ſo nannte *Kryſtall-Höhle*, worin viele ſehr helle Bergkryſt von groſser Reinheit und auſserordentlicher Gröſse liegen. nige derſelben ſollen 4 bis 5, ja einer ſogar 8 Centner wie 13. Eine der gröſsten, vielleicht die gröſste aller bekannten H len iſt die *Adelsberger*, 6 Meilen von Trieſt. Sie nimmt b Eingange einen kleinen Fluſs, die Piuka auf, welcher Strecke in ihr flieſst, hernach verſinkt, und erſt bei Plani wieder ans Licht kommt, wo er den Laybach bildet. Auſs dem ſtrömt noch ein Bach in derſelben, über welchen z natürliche Brücken von Tropfſtein gehen, beinahe eine M von einander. Die eine ſoll an 80 bis 100 Klafter über Waſſer in der Tiefe gewölbt ſeyn. Sie hat eine Menge gänge, fürchterliche Abgründe, dunkle Riſſe und Grüfte, we verhindern, ſie bis ans Ende zu unterſuchen, eine wegen i Ausdehnung ohnehin nicht wohl mögliche Aufgabe. Auch d iſt ein Kalkſteingebirge und hat eine Menge Petrefacten[3]. dortigen Gebirge ſind überhaupt voll von Höhlen, deren m rere ohne Zweifel mit einander zuſammenhängen, als: 14. *Höhle bei Unz*, welche den aus dem Cirknitzer See komm Fluſs Jeſero aufnimmt, und viele groſse Gewölbe hat. 15. *Kleinhäuslerhöhle*, eine Meile von Adelsberg, aus welch Fluſs Unz kommt, deren weite Gänge noch nicht unter ſind. 16. Die *Höhle bei Lueg*, vier Meilen von Adel welche aus drei Stockwerken beſteht, deren unteres den Lokna aufnimmt, und ſtets voll Waſſer iſt. 17. Die P *petſchio-Höhle* in Mittelkrain hat einen geräumigen Ei und ein groſses Gewölbe, aus welchem viele Gänge ausl welche aber wegen der vielen und tiefen Teiche in der unzugänglich ſind. 18. Unter die kleineren, aber mit in ſanten Tropfſteingebilden ausgekleideten Höhlen gehört die *Magdalenengrotte* oder die Höhle zu St. Maria Magd

---

1 Ueber dieſe und andere Höhlen der ſchwäbiſchen Al Schübler in Kaſtner's Archiv. V. 1.

2 Beim Ausfluſſe hat die Höhle gleichfalls einen Eingang heiſst dort die von Planina. S. Edinb. Journ. of Sc. XII. 220.

3 S. Keyssler's Reis. Br. 78. Bertrand-Geslin in Féruſſa let. des Sc. nat. 1826. Mai p. 12. Brocchi in Bib. Ital. 1822. p. 275.

ętwa eine Stunde von der Adelsberger entfernt, u. m. a.[1]. 19. In den Cevennen, drei Lieues von Ganges, ist eine durch hre Gröſse merkwürdige Höhle, *grotte des demoiselles* oder *ungferngrotte*, auch *Hexenhöhle*, genannt. Man muſs 1000 uſs hinabsteigen, um in dieselbe zu kommen, schätzt ihre Weite alb so groſs als die Stadt Ganges, und die Höhe ihrer Wöl-ung ist so beträchtlich, daſs das hellbrennendste Fackellicht, enn man sich auf die höchste Stelle begiebt, die Decke nicht chtbar macht. Man findet darin Pyramiden von Tropfſtein, elche Thürmen gleichen, und Säulen, welche vier Mann icht zu umspannen vermögen. Andere Tropfſteingebilde sind zart, als die feinste Bildhauer-Arbeit, z. B. der Altar, eine F. hohe ovale Steinmasse auf regulären Stufen ruhend und it einer Tafel bedeckt, welche mit Artischockenartigen Blät-rn verziert ist. Manche dieser Gebilde glänzen so, daſs sie im Fackelschein Wasserfällen gleichen. Am auffallendsten eine sehr natürlich gebildete Mutter mit zwei Kindern[2]. Eben so groſs, aber wegen ihrer schweren Zugänglichkeit r wenig untersucht ist die *grotte de notre Dame de Balme*, Stunden von Lyon. Sie hat einen gewölbten Eingang, 60 F. ch und 54 F. weit, und theilt sich in zwei Galerien, deren hte viele Eiszapfen hat, die linke dagegen schöne und viele opfſteingebilde[3]. 21. Die *grotte de la Berquilla* bei Cara-ca in Murcia ist von Don Juan Sanchez Cisneros im Jahre 03 zuerst beschrieben und mit der Jungferngrotte verglichen[4]. r Eingang ist 12 Fuſs breit und 5 Fuſs hoch. Man kommt erst in ein groſses Zimmer mit einer hohen Säule, dann stets fer in andere Zimmer, deren tiefste 350 bis 400 Tois. tief abgehen sollen, und ist in ihr erst bis 2000 Veras vorgedrun-. Unter den wunderbaren Stalaktiten sind einige gigantisch ſs und wahrhaft grotesk, andere sehr zierlich, zum Theil nzend und wunderbar gestaltet. 22. Eine *Höhle im Berge tro* in Estremadura, welche sich auf dem Capo de Roca im enannten Korkkloster endigt, gehört unter die ausgedehnte-

---

1 S. Sartori Naturwunder d. österr. Kaiserth. I. 229.
2 S. Esprit des Journaux 1787. Dec. Lichtenb. Mag. V. 1. ff. ıb. Journ. of Science VIII. 216.
3 Journ. de Phys. LXXVI. 469.
4 Annales de ciencias naturales. Madrid 1803. VI. 177.

ſten und merkwürdigſten. 23. Blos durch ihre Tropfſtei bilde ausgezeichnet iſt die Höhle bei *Pedrazza de la Si* in Altcaſtilien. 24. Von ungewöhnlicher Gröſse dagegen *die Michaelishöhle* im Felſen von Gibraltar ſeyn. 25. *Höhle bei Cartama* unweit Malaga wurde 1750 zufällig l Ausgraben eines Kellers entdeckt. Man fand darin höchſt i eſſante Ueberbleibſel einer altrömiſchen Stadt, namentlich nen Tempel mit vielen Ueberreſten der Bildhauerkunſt, Mü u. ſ. w. Im Jahre 1756 wurden indeſs die weiteren Ausgral gen auf Königl. Befehl eingeſtellt, und das Ganze muſste wi zugeſchüttet werden[1]. 26. Durch ihre ungewöhnliche G ausgezeichnet, aber wenig Tropfſtein enthaltend iſt die nicht bis in ihre äuſserſten Wölbungen unterſuchte *groſse L im Thale von Alcantara* unweit Liſſabon. Sie iſt in ei Kalkſteingebirge mit vielem Kalkſpat, auch werden die S aus derſelben zum Bauen und Kalkbrennen benutzt. 27. *kleine* oder *gelbe Höhle* in demſelben Thale geht bis zu furchtbaren Tiefe hinab, und zeichnet ſich durch eine M gigantiſcher Tropfſteinpfeiler aus. Eine derſelben reicht Boden bis an die Decke und iſt, wie einige andere, von g Farbe, wovon die Höhle den Namen erhalten hat. In ihr man viele verſteinerte Seethiere[2].

Groſsbritannien hat eine Menge merkwürdiger Höhlen, denen 28. die *Caſtleton's-Höhle* (vom gemeinen Volke *Devils-arſe* genannt) in Derbyshire unter die ſieben N merkwürdigkeiten dieſer Provinz gezählt wird. Den Ein zu derſelben bildet ein enges, bloſs nach Weſten geöffi Thal, worin ein kleines Dorf mit ärmlichen Bewohnern er iſt, die zugleich als Führer in die Höhle dienen. Das B chen derſelben bietet des wahrhaft Romantiſchen eine M dar. Nach dem Eingange kommt man zuerſt durch ein ſehr räumiges Gewölbe, dann über einen beträchtlichen Fluſs, d nächſt durch mehrere Gewölbe abermals an einen Fluſs. U dieſen wird der Reiſende in einem Nachen gefahren, in chem er aber liegen muſs, während der Führer den Kahn u der tief herabhängenden Decke wegzieht, indem er ſelbſt d das Waſſer watet. Nachdem man hierauf eine bedeut

1 S. Rosenmüller's und Tilesius Beſchreib. u. ſ. w. II. 119
2 a. a. O. I. 140.

Strecke durch groſsartige Gewölbe zurückgelegt hat, hört man ine wunderbare Musik in der Entfernung tönen, welche durch nhaltend von der Decke in einen Bach herabfallende Wasserropfen erzeugt wird, in denen ein dagegen gehaltenes Licht ie schönsten Regenbogenfarben hervorbringt. Indem man in röſserer Tiefe das furchtbare Rauschen eines Wasserfalles hört, ührt der Weg am Ufer eines über Kiessand hinflieſsenden klaen Baches hin, welcher jedoch zuletzt zu Klippen und Abründen führt, und daher nicht weiter verfolgt werden kann. in anderer Gang führt zurück, welcher sich so verengt, daſs an hindurch kriechen muſs, bis man in einem ungeheuren ewölbe anlangt, in dessen Mitte sich ein Hügel befindet. Auf e Spitze desselben pflegt dann der Führer mit seiner Fackel u steigen, welche in der Höhe gesehen einem Sterne gleicht. uſserdem giebt es in diesem weiten Raume wundersame Echo's. Vird endlich in einem geeigneten Zeitpuncte die Ausgangsthüre öffnet, so gewährt der Glanz der in Westen untergehenden onne nach langer Dunkelheit einen höchst imposanten Anblick[1].). Die *Roolshöhle*, ebendaselbst, wird ihrer schönen Tropfeingebilde wegen gleichfalls zu den sieben Naturwundern der rafschaft gezählt. Man ist etwa 2000 F. weit in ihr gekomen. Ein stark rauschender Bach flieſst mitten hindurch, und ürzt sich neben einem groſsen, wie Alabaster klaren, mit vieen Verzierungen umgebenen Pfeiler in den Abgrund. Man hat m den Namen Königin Maria gegeben. 30. Die *Eldonhöhle* *Elfenhöhle)* gleichfalls in Derbyshire galt früher für einen ungründlichen Schlund, wozu ein etwa 60 F. langer und 20 F. eiter Gang führt. Cotton lieſs von dort aus ein Senkblei nab, und glaubte auf 1600 F. Tiefe noch keinen Grund zu den; Lloyd dagegen will sie befahren, und nur etwa 200 F. f gefunden haben, wo sich dann die Räume, wie gewöhnh in den Höhlen, bedeutend erweitern[2]. Man glaubt, daſs mit der vorigen zusammenhänge. 31. Die *Ochi-Höhle* Sommerset ist durch ihre Tropfsteingebilde sehr ausgezeich-

---

1 Moritz Reise eines Deutschen in England. Berlin 1794. 8. ujas de st. Fond Reise durch England, Schottland und die Heden. A. d. Fr. von Wiedemann 1799.

2 Leigh in Act. Erud. Lips. 1701. Nov. p. 517. Phil. Trans. 71. Vol. LXXI. N. 31.

net[2], 32. die *Wokey-Höhle* ebendaselbst aber besteht aus einer Menge an Höhe und Breite sehr verschiedenen Gängen. Aus ihrem innersten Busen flieſst ein Bach, welcher sich durch die Menge der darin lebenden Aale ausgezeichnet.

Verschiedene Höhlen sind neuerdings durch Buckland[2] wegen ihres reichen Inhalts an Ueberresten einer früheren Thierwelt genau beschrieben, als 33. die *Höhle von Kirkdale* ohngefähr 25 engl. Meilen von York, in einem aus Oolith bestehenden Gebirge, deren höchste Wölbung etwa 80 F. beträgt. Sie wurde 1821 zufällig entdeckt, und hat eine sehr reiche Ausbeute an Petrefacten gegeben. 34. Die Höhlen bei *Kirby-Moorside* erhalten aus dem nämlichen Grunde ein Interesse, und sind überhaupt der bei Kirkdale sehr ähnlich, meistens aber nur klein, z. B. die *Huttonhöhle* in den Mendip-Hügeln, die auf *Derdham Down* bei Clifton, die *Dream-Cave* bei Wirksworth, die *Höhle der Crawley-Rocks* bei Swansea, die von *Paviland* u. a. 35. Die *Kilkorny-Höhle* in Irland ist im Winter stets trocken, im Sommer aber flieſst aus ihr drei bis viermal eine solche Menge Wasser, daſs binnen 24 Stunden die angrenzenden Felder auf 20 Fuſs hoch unter Wasser zu stehen kommen. Letzteres soll fruchtbaren Schlamm mit sich führen, und sich wieder in die Höhle zurückziehen.

In Herroe auf dem Sundmeere in Norwegen liegt 36. die *Höhle Dolsteen*, von einem mäſsig groſsen Eingange, der sich dann aber in gröſsere Hallen erweitert, welche der Sage nach unter dem Meere hin bis Schottland gehen sollen. Einige Geistliche, welche 1750 weit darin fortgingen, wollen das Toben des Meeres über sich gehört haben, kamen aber nicht bis ans Ende. An einem Abgrunde wollen sie einen Stein hinabgerollt haben, und den Schall eine ganze Minute lang gehört haben, was offenbar übertrieben ist. 37. Im Berge Limur befindet sich gleichfalls eine Höhle, welche eigentlich einem Gange über einem Boden von Kalkstein gleicht. Unter dem

---

2 J. Brome Travels over England, Scotland and Wales. Lond. 1707. 8.

2 Reliquiae diluvianae. Auſserdem findet man Beschreibungen der Höhlen Englands in Conybeare and Phillips Geology of England and Wales. pag. 353. desgleichen in Farey's Survey of Derbyshire pag. 64. und 292.

den fließt ein Fluſs, welchen man an einigen Stellen sieht, d stark rauschen hört. Würde dieser sich einen neuen Weg nen, so gäbe das jetzige Bette wieder einen solchen höhlenigen Gang. 38. Die *Höhle bei Friedrichshall* (gleichfalls in rwegen) habe ich in den neueren Reisebeschreibungen nicht rähnt gefunden, und die älteren erhalten Nachrichten, welche ht wohl glaublich sind[1]. In einem Felsen gehen nämlich i Löcher hinab, etwa 4 F. im Umkreise haltend, deren zwei r tief sind, das dritte aber soll unergründlich seyn, indem Geräusch eines hineingeworfenen Steines nach 1,5 bis 2 nuten noch gehört wurde, welches nach den Gesetzen des les und der Schallfortpflanzung (den Widerstand der Luft en fallende Körper vernachlässigt) gegen 38 bis 58 Tausend Tiefe gäbe.

In den Sibirischen Gebirgen sind eine Menge Höhlen. Eie derselben beschreibt Pallas[2], als 39. Die *Petrowerhöhle*, einem vom Bache Kutra allmälig ausgehöhlten Gypsfelsen, gleichen die Höhlen 40. von *Samara*, 41. von *Kostytschi* 1 42. von *Pustilnoi-Buierak* an der Wolga, welche gleichs durch das Wasser ausgewaschene Räume zu seyn scheinen. e groſsen Höhlen 43. von *Owsianka* und 44. von *Birjusia* am Jenisei beschreibt Gmelin[3]; und auſserdem läſst sich t höchster Wahrscheinlichkeit annehmen, daſs jene nordasiachen Gebirge noch eine groſse Menge interessanter Höhlen thalten, welche groſsentheils noch gar nicht beschrieben sind.

Auſser den schon erwähnten Höhlen in Krain finden sich h verschiedene interessante in den Oestreichischen Staaten. ein gehört hauptsächlich 45. die *Veteranische Höhle* im neswarer Bannat am linken Ufer der Donau unweit Orsowa. hat ihren Namen vom General, Grafen Veterani, welcher 1692 mit Oesterreichischen Truppen besetzt hielt; vorher hieſs *Piscabora* oder *Biscabara*. Im Jahre 1788 vertheidigte sich Major Stein abermals mit Oestreichischen Truppen in deren sehr tapfer gegen die Türken, und sie ist in dieser Hint höchst wichtig, weil sie die dort nur 140 Klafter breite nau beherrscht, über deren Spiegel sie etwa 12 F. erhaben

1 Pontoppidan Versuch einer natürl. Historie Norwegens. I. 101.
2 Reisen Th. I.
3 Reisen Th. IV, 873. der Göttinger Sammlung neuer Reisen.

ist. Sie iſt 16 Klafter lang, 12 breit und 10 hoch, ist mit ei-ner Küche, Ciſterne u. s. w. verſehen, und kann 700 Man aufnehmen. Am entgegengeſetzten Ufer ſteht eine Tafel mi einer römiſchen Inſchrift, aus den Zeiten Trajan's. Hierau und aus sonſtigen verſchiedenen Alterthümern hat man geschloſ-ſen, ſie ſey von den Römern ausgegraben, was aber der Au-genſchein widerlegen ſoll[1]. 46. Die *Höhlen bei Aggtelek* sin ungemein geräumig, so daſs man bereits mehr als eine Mei weit darin vorgedrungen iſt, ohne das Ende derſelben zu er-reichen. Einen Fluſs, einen See, viele Tropfſteingebilde, hoh Wölbungen, enge Gänge u. s. w. hat ſie mit den meiſten grö-ſseren Höhlen gemein, indeſs findet man auch Menſchenſchäde darin, und hat die Sage, dieſe rührten von einem Truppe Corps her, welches ſich hineingerettet habe, durch den Rau des von den Feinden in den Oeffnungen angezündeten Feue aber erſtickt ſey. 47. Drei Meilen von Brünn bei Kiritein i die *Wepustek*, eine Höhle mit vielen geräumigen Wölbunge zu denen man aber nur durch einen ſehr engen Gang gelang Aus dieſem Grunde iſt das Beſuchen derſelben mühſam u auſserdem gefährlich, weil viele Abgründe in ihr bloſs mit ei dünnen Decke Tropfſtein bedeckt ſind. 48. Früher war d Zugang zu der *Beziskala* in der Nähe von Joſephsthal gleichfa ſehr enge, viele herabhängende, den Einſturz drohende Fe-ſtücke machten das Beſuchen gefährlich und über einen in i befindlichen Teich konnte man nur gebückt in einem Ka ſitzend hinwegkommen. Im Jahre 1804 beſuchte die Kaiser ſie in Begleitung des Fürſten von Liechtenstein, bei welch Gelegenheit ſie mit mehr als 1000 Lampen erleuchtet, vorh aber geebnet, mit Stufen verſehen und für den Beſuchenden be-quem gemacht wurde. 49. Die *Höhle bei Sloop*, zur Her-ſchaft Raiz gehörig, iſt die gröſste unter den Mähriſchen. Si hat eine geräumige und bequeme Vorhalle, weiterhin aber die den meiſten Höhlen gemeinen Abwechſelungen groſser Gewölbe mit engen Gängen, Erhöhungen, Vertiefungen u. s. w. aber ſchmutzige und unförmlich geſtaltete Tropfſteingebilde[2].

---

1 S. Zeitschrift für Oest. V. 97. Vergl. J. G. Sommer Gemälde der physischen Welt. Prag 1820 ff. VI Vol. 8. II. 234.

2 Chr. K. André Uebersicht der Gebirgsformationen in Mähren. Brünn 1804. 4.

50. Die *Höhle auf Antiparos* zeichnet sich nicht sowohl
rch ihre Gröſse als vielmehr durch die Schönheit ihrer Tropf-
ingebilde aus. Sie wird von den alten Schriftstellern nicht
rähnt; i. J. 1663 besuchte sie aber der Marquis von Nointel,
nzösischer Gesandter bei der Pforte[1], genau beschrieben und
wundersam prachtvoll geschildert wurde sie aber von Tour-
ort, welcher sie i. J. 1670 besuchte[2]. Er wurde zwar
Choiseul-Gouffier, welcher sie ein Jahrhundert später
Augenschein nahm, der Uebertreibungen beschuldigt, aber
noch muſs sie im Innern höchst interessant wegen ihrer
inen Tropfsteinfiguren seyn[3]. Sie ist etwa 250 F. tief, vom
gange an gerechnet, 300 F. lang, eben so breit und 80 F.
h. Die Tropfsteingebilde stellen Früchte, Blätter, Festons
. w. bis zur täuschendsten Aehnlichkeit vor, und sind von
r blendend weiſsen Farbe. Insbesondere zeichnet sich ein
er Mitte derselben stehender, schön verzierter Altar aus, bei
chem der Marquis von Nointel, welcher 1663 mit einer
llschaft von fast 500 Personen 3 Tage darin verweilte, Messe
n lieſs. Eine Säule von 7 F. Höhe und 1 Fuſs Dicke soll
hsichtig seyn. Der stark durchscheinenden Tafeln giebt es
gens sehr viele, und Traperien, welche den künstlichen
kommen gleichen. Es scheint hiernach, daſs der Tropfstein
zu wirklichem Kalkspathe bildet.

America hat der Höhlen eine groſse Menge und viele von
ewöhnlicher Ausdehnung. Die vorzüglichsten und bekann-
n derselben sind 51. *Wäkon-Tibe* oder Wohnung des
en Geistes am Mississippi, mit einem niedrigen und nicht
en Eingange, und einem See, dessen Ende noch nicht er-
t ist. 52. Die durch Jefferson beschriebene *Maddison's*
'e in Virginien ist nur eine von den vielen in jenem Land-
ie[4]. Eine der gröſsten bekannten Höhlen aber ist 53. die
r's Höhle, bei Livington in Nordamerica, von ihrem Ent-
er benannt, welcher fast mit seiner Familie darin umgekom-
wäre, als ihm das Licht verlöschte, und er bis zum zwei-

Rosenmüller a. a. O. II. 80.
Reise nach der Levante d. Ueb. I. 290.
Reise durch Griechenland. Aus den Fr. Gotha 1780. Vergl.
r a. a. O. II. 65.
Sprengel's Beiträge zur Länder- und Völkerkunde. VIII. u. IX.

ten Tage darin herumirrte, bis er endlich nur durch einen Zu
fall den Ausgang wiederfand. Sie hat zwei Eingänge, welc
646 Yards von einander liegen und für Pferde und Wagen z
gänglich sind. Ihr Gewölbe ist fast flach, auch ist sie oh
Stalaktiten und nur durch die Weite der Räume und die übe
einander gelagerten Felsenstücke interessant. In der Stille d
Winters hört man vernehmlich das Rauschen eines in der En
fernung befindlichen Wasserfalles. Die Temperatur in ders
ben ist unverändert 9 bis 10° R., aber an einem etwa 60 F. v
Eingange befindlichen Platze herrscht stets eine unangeneh
Wärme[1]. 54. Eben so groſs, wo nicht die gröſste unter all
bekannten ist die Höhle im Gebiete Warren County der Provi
Kentucky, welche durch Ward besucht und genau beschri
ben ist[2]. Sie besteht aus mehreren Abtheilungen, welche w
gen ihrer Gröſse *city's* (Städte) genannt werden. Man g
zuerst 6 engl. Meilen vom Eingange aus durch einen Felsenga
und kommt dann an die Hauptstadt *(chief city)*, einen ung
heueren Raum, dessen Gewölbe durch keinen Pfeiler unt
stützt ist. Von hieraus laufen 5 Gänge in die kleineren Abth
lungen, welche insgesammt durch verschiedene andere Gän
mit einander verbunden sind, so daſs man aus den 5 und me
reren kleineren Abtheilungen auf verschiedenen Wegen wied
in den Hauptraum gelangt. Ward bedurfte 19 Stunden
seiner unausgesetzten Wanderung, ohne daſs er dennoch a
Abtheilungen untersuchen konnte. Es wird in derselben v
ler Salpeter gewonnen. Rücksichtlich der in ihr enthalt
nen Salze ist schwerlich irgend eine Höhle merkwürdiger,
die 55. dem Benjamin Adams zugehörige in Indiana.
besteht aus mehreren durch enge Gänge verbundenen Gewölb
in deren einem unter andern eine colossale Säule von 15
Durchmesser und 20 bis 30 F. Höhe die Aufmerksamkeit
höchsten Grade in Anspruch nimmt. Merkwürdiger aber i
daſs dieselbe, in einem Kalkberge befindlich, eine unerschöp
liche Menge von Salzen darbietet, womit Boden und Wän
geschwängert sind, und die deswegen bis zu sehr dicken La
effloresciren. Sie bestehen hauptsächlich aus sehr reinem Bitt
salz, aus salpetersaurem Kalke und salpetersaurem Thone. W

1 Mon. Cor. 1812. Sept. 238.

2 Neue allgem. geogr. Ephemeriden I. 4. S. 504.

ler Oberfläche befindlichen Lager weggenommen, e sich in wenigen Wochen wieder[1]. Von auſser- röſse und bei weitem noch nicht ganz untersucht . Die *Watertown - Höhle.* Sie enthält eine un- enge Wölbungen, welche fast überall mit den endend weiſsen Tropfsteingebilden geziert sind[2]. e bei Quertlavaca in Neuspanien konnte noch nicht e untersucht werden. Einzelne Abtheilungen dersel- interessante Tropfsteingebilde. In vieler Hinsicht rkwürdig ist 58. die durch v. HUMBOLDT[3] beschrie- *Guacharo* oder *Caripe* unweit Macarapana. Der Ein- n ist durch die üppigste Vegetation geziert, und da sie ich aus einem weiten, wenig gekrümmten Gange be- l sie bis auf 430 F. weit vom Tageslichte erhellt, und n erstreckt sich bis 40 F. weit in dieselbe. Ausgezeich- durch den Umstand, daſs Tausende von Nachtvö- *aro* genannt, den gemeinen Hühnern an Gröſse glei- zu ihrem Aufenthalte gewählt haben, und deren ndes Geschrei einen ungeheuern Lärm verursacht, urch den Schein der Fackeln beunruhigt werden. iannis pflegen die Bewohner jener Gegend die Ne- gen Stangen zu zerstören und Tausende der Vögel igen, um das Fett derselben zu erhalten, welches bei den jungen in groſser Menge unter dem Bauch- en ist, sogleich ausgesotten und in gläsernen Fla- Bereiten der Speisen aufbewahrt wird. Das Ge- ser Vögel würde längst ausgerottet seyn, wenn nicht ester in die entfernteren Räume der Höhle baueten, nicht kommen kann, und wohin zu dringen die In- h Aberglauben abgehalten werden, weil sie diesel- Aufenthaltsort böser Geister halten. In der Höhle 8 bis 30 F. breiter Fluſs, an dessen Ufern man hin- welcher etwa 2 F. tief in der Richtung der Höhle Letztere bleibt bis auf 1450 F. bei gleichbleibender Weite derselben von unveränderter Richtung. In ernung aber steigt man etwas in die Höhe, der Fluſs leinen Wasserfall, die Höhle wird enger, nnd es ist

nb. Phil. Journ. Nr. XI. pag. 29.
l. Mag. LX. 71.
sen. d. Ueb. II. 105.

merkwürdig, daſs dort die herabgefallenen Früchte, welche die Guacharos hineingetragen haben, in der fruchtbaren Erde bis zwei Fuſs hohe Keime treiben. Die Engigkeit der Höhle hinderte v. Humboldt und Bonplandt weiter vorzudringen, insbesondere aber lieſsen sich die Indianer nicht zum weiteren Verfolgen des Ganges bewegen; ein Geistlicher soll jedoch schon bis 2500 F. gekommen seyn, ohne das Ende zu erreichen.

Verschiedene minder bekannte und noch nicht hinlänglich genau beschriebene Höhlen glaube ich hier übergehen zu können, als die auf den Inseln Elephanta und Salsette in Ostindien, letztere die *Höhle von Ambola* genannt, die bei Kiang, die mehreren des Berges Tientcho bei der Stadt Hang-Tcheu, die Phoanga-Höhlen in Junk-Ceylon, die im Sagat-Felsen [1], *die Höhle van Booban* bei Punduah in den Cossyah-Bergen [2] u. v. a.

Die meisten der genannten Höhlen zeichnen sich durch die *Tropfſteingebilde* aus, über deren Entstehung Parrot[3] die deutlichste Auskunft giebt. Das Wasser, welches den Tropfstein bildet, ist vollkommen hell, farblos nnd wohlschmeckend, und zeigt sich in gröſserer Menge nach nassen als nach trocknen Jahren. Aus demselben fällt nur eine sehr geringe Menge Kalkstein nieder, welche indeſs hinreicht, in Jahrhunderten bedeutend groſse, mitunter wahrhaft colossale, Massen zu bilden. In denjenigen Höhlen, über denen keine Vegetation stattfindet, trifft man gar keinen oder nur unbedeutend wenigen Tropfstein, theils weil die Vegetabilien eine gröſsere Menge Wasser aus der Atmosphäre anziehen, theils und hauptsächlich weil die aus den modernden organischen Resten gebildete Kohlensäure zur Auflösung der Kalkerde beiträgt. Verdunstet das hiermit gesättigte, unausgesetzt herabtröpfelnde Wasser allmälig, so fällt die Kalkerde nieder, und bildet den Tropfſtein. Ist die obere Decke der Höhlen locker, so wird etwas Farbestoff mit filtrirt, welcher meistens aus etwas Eisenoxydhydrat oder aus Kohlenstoff besteht, und eine röthlichgelbe oder schwärzliche Farbe giebt. Weil aber das Wasser zu verschiedenen Zeiten gar keine oder ungleiche Mengen von Farbestoff enthält, so entstehen marmorartige Tropfſteinge-

1 Ueber beide letztere s. Edinb. Journ. of Sc. XIII. 57.
2 Ebend. XV. 54.
3 Theoretische Physik. III. 89.

ilde vom glänzendsten Weiſs bis zum dunkelen Grau. Na-
entlich ist dieses der Fall bei der *Bredewinder Höhle* in der
berpfalz, deren zahlreiche Tropfsteinpfeiler marmorartig
int sind.

59. Insofern der Basalt ein vulcanisches Product ist, kön-
n auch die aus diesem Gesteine gebildeten Höhlen unter die
lcanischen gerechnet werden. Fs giebt deren eine nicht ge-
ige Menge, jedoch nicht von so bedeutender Gröſse als die
iher beschriebenen, vor allen aber verdient hier nur die
ichtvolle *Fingalshöhle* auf der Hebridischen Insel Staffa ge-
nnt zu werden, welche von so vielen Reisenden mit gröſs-
a Erstaunen und mit Bewunderung ihrer höchst romantischen
ge und gigantischen Formen betrachtet und beschrieben ist [1].
heiſst in der gälischen Sprache *an-ua-vinc* (Grotte-wohl-
ngende) von dem starken Wiederhalle, welcher in ihr herrscht.
n gelangt zu ihr über einen Meeresarm, welcher bei beweg-
See stark brandet und nicht ohne Gefahr beschifft wird.
erhebt sich an den meisten Stellen unmittelbar aus dem
ere, welches in derselben am Eingange 18 F., am Ende
. Tiefe hat, besteht aus lothrechten, majestätischen, sechs-
igen Basaltsäulen, und ist mit einer starken Lage Dammerde
l zahlreichen eingemengten Stücken von Basaltsäulen über-
kt. Nur bei ruhiger See kann man mit einem Nachen in die
ihle hineinfahren, und einen auf abgebrochenen Basaltsäulen
ildeten Fuſssteig betreten. Sie ist 250 F. tief, am Eingange
F. am hinteren Ende 20 F. breit, dort beträgt die Höhe 117,
70 F. Sie wurde zuerst 1772 bekannt durch Banks [2],
iher besuchte sie Faujas de St. Fond und gelangte bis in
hinteres Ende [3], seitdem ist sie von vielen Reisenden be-
it, welche durch die Merkwürdigkeiten jener romantischen
enden angelockt wurden, und zwar nur selten in ihren Ein-
gelangten, dennoch aber durch den Anblick des majestä-
ien Gebäudes und das Wellenspiel des tobenden und bran-
len Meeres bezaubert wurden.

60. Eine ganz eigentliche vulcanische Höhle ist die *Surt-*

---

1 Vergl. Art. *Erde*. Th. III. S. 1096. Fig. 185.
2 A Tour to Scotland and Voyage to the Hebrides. Chester
4. p. 261.
3 Ritter a. a. O. I. 105.

Höhle für einen natürlichen Eiskeller zu halten, in welch
die Kälte im Winter so viel Eis erzeuge, daſs die Wärme
den Sommermonaten dasselbe wegzuschmelzen nicht vermi
Sehr genau hat später J. A de Luc[1] nicht bloſs diese Höhle
ihrer ganzen Localität untersucht, sondern auch 65 die
St. George über Rolles im Canton Vaud, desgleichen 66. die
Mont Vergi in Faucigny, und jener genaue Beobachter
nachgewiesen, daſs ein kalter Luftstrom die Erzeugung des
ses nicht bewirken könne, weil ein solcher überall nicht d
vorhanden sey. Vielmehr sind diese Höhlen durch ihre I
gegen den Einfluſs der Sonnenstrahlen und der warmen fe
ten Luftströmungen geschützt, und aus diesem Grunde glei
sie natürlichen Eiskellern. Unter diese Classe gehört 67.
durch Pictet[2] beschriebene *Eishöhle von Hergishwyl* in
terwalden, desgleichen 68. eine dieser ähnliche bei *Fonde*
im Departement der Drôme nördlich von Dié[3]. 69. Eine l
ne *Höhle bei Dole* ist wegen ihrer groſsen und wunderbar
stalteten Eispfeiler berühmt, allein mir ist keine so genaue
schreibung bekannt, als erforderlich wäre, um die Ursache
Eisbildung bestimmt anzugeben. 70. *Die Höhle am Bra*
steine in der sogenannten Gems in Steiermark bin ich geneigt
Beschreibung nach gleichfalls für eine eigentliche Eishöhle
halten[4]. Man steigt auf dem Berge in die hohen und kalten
gionen, kommt dann an einen von dichtem Nadelholze besc
teten Ort, wo ein Schlund zu dieser, mit einer unglaublic
Menge von Eis gefüllten Höhle führt. Das aus dem schmel
den Eise gebildete Wasser verläuft sich in den Felsspalten
Berges. Wenn die Höhe dieser Höhle nur 1800 F. über
Meeresfläche beträgt, wie Sartori angiebt, und das Eis
selben im Sommer erzeugt wird, im Winter dagegen wi
schmelzt, so würde sie zu der nachfolgenden Classe zu zä
seyn, allein ob sie bei dem beschwerlichen Zugange im Wi
oft genug besucht ist, um hierüber urtheilen zu können, v

---

1 Ann. de Chim. et de Phys. XXI. 113.

2 Bibl. univ. XXVII. 287.

3 Edinb. Phil. Journ. N. III. p. 80. Vergl. Journ. des M
XXXIII. 157.

4 Neueste Reise durch Oesterreich ob und unter der Ens
w. von Sartori. Wien. 1811. III Vol. 8. I. 186.

ntscheiden, vielmehr scheint sie mir der Beschrei-
ı eigentlicher Eiskeller zu seyn, in welchen so viel
inter zusammengewehet, und bei der wechseln-
switterung durch herabträufelndes Wasser wegen
ch fortdauernden Winterkälte in Eis verwandelt
e Sommerwärme dasselbe nicht zu schmelzen ver-
rhöhung der Temperatur in den weiten und tiefen
ı die Sommerwärme tritt aus leicht begreiflichen
im Spätherbste ein, was bei der Erklärung aller-
ichtigt werden muſs.
ch von Vesoul ist eine kleine Höhle mit einem Bache.
les letzteren und das herabträufelnde erzeugt in ei-
age so viel Eis, als in 8 warmen kaum geschmol-
ıd daher ist die Menge desselben in ihr unglaublich
Vinter soll der Bach von Eise frey seyn, und sie
h also Aehnlichkeit mit der berühmtesten dieser Art,
der *Höhle bei Scelicze* in Ungarn. Diese ist in
in einer unfruchtbaren Gegend gebildet, mit einer
hen und 9 Klafter breiten, nach Süden gerichteten
on der Decke derselben tropft stets Wasser herab
sich auf dem Boden zu einem kleinen, aus der
ıden Bächelchen. Hierbei findet dann die Eigen-
statt, daſs dieses Wasser im Sommer zu mehr als
, in viele Zacken sich verästelnden, Eiszapfen ge-
ȝar auch daſs das auf den Boden tröpfelnde in Eis
vird, dessen Menge so groſs ist, daſs man sie zu
voll anschlägt. Im Winter wenn anderwärts die
zeugt, fängt das in der Höhle befindliche an aufzu-
Luft in derselben wird warm, zieht eine Menge
iegen, Fledermäuse und Nachteulen herbei, sogar
finden sich ein, welche das am Eingange neben
den Wasser wachsende Gras suchen[1]. Der vordere
ıauer bekannte Theil der Höhle ist 30 Lachter tief
t, die verschiedenen Abtheilungen aber sind nicht
icher Höhe, und auſserdem steht sie mit vielen wei-
ſen Schlünden in Verbindung, deren Ausdehnung
Viederhalle eines abgeschossenen Gewehrs zu urthei-
ɔſs seyn muſs, bis jetzt aber der groſsen, mit dem

[1] INDISCH Geographie von Ungarn. Presburg. 1780.

Herabsteigen auf dem glatten Eise verbundenen Gefahr weg
nicht untersucht werden konnten.

Die allerdings auffallende Eigenthümlichkeit dieser Höh
beruhet ohne Zweifel auf den nämlichen Gründen, als welc
die Erscheinungen der *Aeolushöhlen* hervorbringen, deren
eine Menge, hauptsächlich in Italien, giebt, nämlich klein
oder gröſsere, meistens durch lockeres Gestein verschlossene
mit solchem angefüllte Räume, aus denen im Sommer stets
kalter Luftstrom dringt. Die Italiäner erbauen an solchen S
len Grotten, in welche die kalten Luftströme flieſsen, und
daher in heiſsen Sommern einen angenehm kühlen Aufent
gewähren.

73. Auf eine interessante Weise zeigt sich dieses Phä
men am *Monte Aeolo* bei Terni im Kirchenstaate. Dort be
det sich eine Höhle, deren Eingang ein altes Thor verschl
durch dessen Spalten der Wind stets mit hörbarem Raus
dringt. Die Höhle erweitert sich, so wie man tiefer in sie
dringt, und dort bemerkt man einen Eingang zu einer zw
Höhle, aus welcher der Luftstrom kommt, welcher nach
Beobachtung von Mathiews so stark ist, daſs er bei ge
tem vorderen Thore die Fackeln ausbläst. Die entfern
mit dieser Höhle in Verbindung stehenden Abgründe und F
senklüfte sind noch nicht untersucht[1]. Verschiedene
Aeolushöhlen befinden sich 74. am Monte Testaceo un
Rom, welche schon Nollet [2] untersuchte, und die Temp
tur des Luftstromes im September 1749 = 9°,5 R. fand,
Saussüre [3] dagegen im Juli 1773 zwischen 5°,25 und 8°. L
terer hat viele andere in Italien selbst untersucht oder d
fremde Nachrichten kennen gelernt, als 75. die *Ventaro*
Ottaiano am Fuſse des Vesuvs, die Ventarola della Fune
Ischia, die kalten Höhlen von St. Marino, von Cesi, die
tines oder kalten Höhlen von Chiavenna, von Caprino am
ganersee, und von Hergishwyl oder Hergisweil in Unte
den. Von der Art ist auch 76. die Grotte von Roq
welche Chaptal [4] beschreibt, und sicher werden in den R

1 Vergl. Volkmann's hist. krit. Nachrichten von Italien. III.
2 Mém. de l'Ac. 1749. p. 486.
3 Voyages. V. 342.
4 Ann. de Chim. IV. 31.

ſchreibungen noch viele andere genannt, deren Kunde noch ht ganz so allgemein verbreitet ist. Nach v. Saussüre liegt Ursache dieser im Sommer so kalten und im Winter war- n Luftströmungen darin, daſs mit den Aeolushöhlen groſse erirdische Räume in Verbindung stehen, in denen die Luft Sommer durch den Einfluſs der Wärme ausgedehnt wird, t nur wenige Grade über ihre sehr niedrige Temperatur, und sie also vermöge der Vergröſserung ihres Volumens aus- mt, woraus dann folgt, daſs im Winter die Luft wieder ein- gen wird. Die niedrige Temperatur der an sich schon kal- zur Winterzeit eingezogenen Luft geht nach seiner Ansicht ırch noch mehr herab, daſs sie durch die feuchten, locker mmengeschichteten Steine der Oeffnungen geblasen wird, in Folge der bewirkten Verdampfung einen Theil ihrer me abgiebt. De Saussüre gründete diese Erklärung auch auf das Argument, daſs die Luft im Anfange des Sommers ütend kälter als später am Ende desselben gefunden wurde. iolson[1] widerlegt diese Erklärung dadurch, daſs sie auf willkürlichen Annahme so groſser unterirdischer Räume he, deren Daseyn noch gar nicht erwiesen sey, und in de- bei ihrer Tiefe durch den Einfluſs der Sommerwärme nicht ch eine solche Veränderung der Temperatur bewirkt werden e. Auſserdem müſsten diese Höhlen von ganz ungeheurer e seyn, wenn die geringe Vermehrung des Luftvolumens wenige Grade der Temperaturerhöhung hinreichen solle, anzen Sommer hindurch das stete Ausströmen zu unterhal- Diese Gründe sind allerdings von der Art, daſs sie die ithese sehr wankend zu machen vermögen, und wenn es Höhlen gäbe, aus denen die kalte Luft in Folge der Aus- ing der gesammten in ihr enthaltenen Luftmasse strömte, so i die Erscheinungen der Eisbildung im Sommer und des iauens desselben im Winter, wie die Höhle bei Scelicze rbietet, hieraus nicht erklärlich, indem die im Winter von n eingesogne kalte Luft vielmehr gleichfalls Eisbildung ver- ien müſste. Parrot[2] sucht die Ursache in der Verdun- , indem nasse Höhlen stets Wasserdampf bilden und hier- sehr abgekühlt werden sollen, wobei dann die Vermin-

Journ. of Nat. Phil. 1797. N. 5.

Theoretische Phys. III. 93. Entretiens sur la Phys. V. 364.

derung der Temperatur so viel stärker ist, je begieriger die ä
ſsere warme und trockne Luft den gebildeten Wasserdampf au
nimmt. Es läſst sich hiergegen aber einwenden, daſs die me
sten Höhlen, auf allen Fall die sämmtlichen Tropfsteinhaltige
sehr feucht und mit verschieden gestalteten Oeffnungen verseh
sind, dennoch aber haben sie die mittlere Temperatur ihrer G
gend unveränderlich. Auſserdem wird die Luft in solchen Hö
len stets im Maximo mit Wasserdampf gesättigt, und wenn w
me Luft in sie dringt, so wird in dieser der Dampf condensi
anstatt daſs neuer erzeugt werden sollte, die eindringende ka
Luft aber kann nur eine geringe Menge Wasserdampf aufne
men, und daher die Temperatur nicht bedeutend herab bring
ein Zuströmen der Luft ist aber nothwendig erforderlich, we
die mit Wasserdampf gesättigte Luft ausströmen und somit d
schon mit Absorption von Wärme gebildete Dampf entweich
soll. Mehr möchte ich daher geneigt seyn, mit Nicholson[1] d
Phänomen aus einer steten Luftströmung zu erklären. Den
man sich nämlich groſse Lufträume, in denen bei fehlende
Einflusse einer Erwärmung durch die Sonnenstrahlen die L
an sich schon sehr erkaltet ist, und nimmt an, daſs sie zw
Oeffnungen haben, aus deren einer die Luft ausflieſst, währe
hiernach an einer anderen Stelle ein Einströmen stattfinden muſ
so wird im Winter die kalte Luft eindringen, vermöge ihr
Gewichtes niedersinken, die erwärmte dagegen ausflieſsen, b
sie mit der kalten ganz erfüllt ist. Nicholson zeigt, daſs d
Quantität derselben leicht den ganzen Winter hindurch ausreic
bis die angehäufte Menge derselben im Sommer wieder zu
Ausströmen kommt, und dann die Eisbildung bewirkt.

Parrot[2] giebt eine Demonstration dieser Hypothese. Si
Fig. 91. nämlich A und B die beiden Oeffnungen einer solchen Höhl
so ist die Luftsäule A C im Sommer leichter als die durch d
Winterschnee sehr erkaltete E G D B, letztere muſs daher dur
die Oeffnung A ausströmen, im Winter dagegen müſste ei
umgekehrte Strömung eintreten. Bei manchen Aeolushöhl
mag allerdings ein solcher Wechsel stattfinden, allein die E
scheinungen, welche die Höhle bei Scelicze und ähnliche da
bieten, sind hieraus nicht erklärlich, weil sie eine stete Str

1 a. a. O.

2 Theoretische Physik. III. 98.

und zwar im Sommer eine kalte, im Winter eine
lern. Dieses wäre nur dann möglich, wenn man
ollte, die kalte Luft sey im Winter in der Rich-
herabsinkend, die wärmere in der Höhle werde
d entweiche aus A um so leichter, weil die Höh-
t die Oeffnung A überbauet ist, stets wärmere Luft
inzlich widerlegen läſst sich eine solche Voraussez-
da es auch Schornsteine giebt, welche den stati-
zen zuwider stets den warmen Rauch herabsinken
et man sie aber nicht befriedigend, so lieſse sich an-
ſs herabfallendes Wasser die in der Höhle befindli-
:h Art einer Wassertrommel stets comprimire und im
angesammelte warme, im Sommer die kalte Luft
Da es fast unmöglich ist, die Localität solcher Höh-
einzelnen Theilen genau und vollständig kennen
so ist jede Hypothese über die Phänomene, welche
n, sehr unsicher.

nigen Höhlen strömen mephitische Gasarten, mei-
, deren spec. Gewicht gröſser ist, als das der at-
ıen Luft, weswegen sie die niedern Räume jener
nehmen, und für die Respiration gefährlich werden,
ch den Thieren, deren Athmungswerkzeuge dem
näher sind. Einige solcher Höhlen reihen sich an
e, indem man bei ihnen ein wirkliches Verbrennen
els wahrnimmt, oder aus der Menge des entbunde-
flichtsauren Gases auf einen solchen Proceſs schlieſsen
hin gehören hauptsächlich, 77. *die Schwefelhöhlen*
Badosch in Ungarn, zwei Meilen von Obertorja. Sie
groſs, und messen nur wenige Klafter an Breite, Hö-
efe, haben Risse in den Felsen, aus denen heiſser,
efel gemischter Dampf aufsteigt, auch setzt sich
an den Seiten an. Die Gasart im Innern derselben
sächlich nahe über dem Boden wirkt sehr erstickend,
ſs von solchen, die sich gegen ihren nachtheiligen
urch Tücher und sonstige Vorsichtsmaſsregeln sichern,
ittel gegen Haut- und Augen-Krankheiten angewandt,
ewiſs ohne Nutzen. 78. Groſse Aehnlichkeit mit die-
ie Höhle auf Guadaloupe, welche zuerst Peyssonell,
'Herminier untersuchen wollte, allein die Menge des
ervordringenden kohlensauren und schweflichsauren Ga-

ses ist so groſs, daſs das Vordringen in ihr die gröſste Gefah bringen würde. In den tieferen Schlünden hört man das Brausen eines brennenden Vulcans[1]. 79. *Die grotta del cane* be Puzzuole in Italien ist unzählich oft besucht und beschrieben[2] Sie ist 10 F. tief, 9 F. hoch und 4 F. breit, und man kan von Auſsen gebückt stehend die mephitischen Dünste bis 6 Z aufsteigen sehen; Fackeln und Lichter erlöschen in ihr, da aber Schieſsgewehre in ihr nicht losgehen sollen, ist eine leic zu widerlegende Uebertreibung. Menschen empfinden, aufrec stehend, nichts, zuweilen auch dann nicht, wenn sie sich bü ken, daſs Hunde darin ersticken, ist nicht zu bezweifeln, je doch kann es wohl seyn, daſs der Hund des Führers, wie ma sagt, darauf abgerichtet ist, jederzeit wie betäubt nieder zu fa len. 80. Aehnlich sind die Höhlen auf der *Insel Milo*, b *Ribar in Ungarn* und bei *Pyrmont*. Letztere ist eine klei Grotte in einem Kalkfelsen. Ich habe in ihr, selbst in gebüc ter Stellung keine Einwirkung des kohlensauren Gases empfun den, jedoch ist es sattsam erwiesen, daſs zuweilen die gro Menge des aufsteigenden kohlensauren Gases nicht bloſs Hun bis zum Ersticken, sondern auch Menschen betäubt[3]. Unwei des Lacher See's bei Obermennig ist eine mit mephitischen Ga arten erfüllte Höhle[4], und noch andere sind in den Gebirge der Eifel[5], wie es deren überhaupt noch viele giebt, welc einzeln zu beschreiben nicht der Mühe werth seyn würde. Ue berhaupt ist das Aufsteigen mephitischer Gasarten aus der Er nicht selten mit dem sprudelnden Wasser der Quellen verbu den, eine keineswegs seltene Erscheinung.

Viele Höhlen von unglaublicher Gröſse sind durch Ausgr bungen entstanden. Ohne Zweifel ist dieses nicht der Fall b dem seit uralten Zeiten bekannten *Labyrinthe auf Creta* o Candia, dessen verschlungene Gänge zu mancherlei Sagen den fabelhaften Zeiten Veranlassung gaben. Es besteht aus ner groſsen Menge solcher nach verschiedenen Richtungen la

1 Journ. de Phys. LXXXI. 209.

2 Unter andern S. Volkmann's historisch-kritische Nachricht von Italien. III. 221.

3 S. Marquard's Beschreibung von Pyrmont. II Tom. 1784. 85. mit K.

4 S. de Luc Briefe. II. 95.

5 Schweigg. Journ. N. F. XIII. 28.

fender Gänge, deren Höhe 7 bis 8 F. bei einer Breite von 6 bis 10 F. beträgt. Einige ſühren zu einer groſsen Halle mit ingeheuren Pfeilern, und laufen von hier aus weiter, mehrere ndigen im dichten Felsen, und man muſs in ihnen wieder umiehren; ein krummer Gang führt zu einer schönen Grotte, welhe sehr hoch gewölbt ist, und nicht ſüglich durch Kunst gebildet seyn könnte. Nach Pococke ist dasselbe durch das Wegrechen der Steine entstanden, wie die *Latomien* oder Steinrüche bey Syracus, wogegen aber Tournefort erinnert, daſs ie Steine zu weich sind, und sich zum Bauen nicht eignen. us der Beschreibung des letzteren, und einer neueren von ieber[1] mit einer genauen Zeichnung schlieſst Buckland[2], ıſs dieses berühmte Naturwunder nichts weiter sey, als eine nge Reihe mit einander verbundener Höhlen, welche den brigen ähnlich sich im Kalksteingebirge befinden, wie denn perhaupt mehrere solche in den Cretensischen Bergen vorhanen sind. Dabei ist es indeſs sehr möglich, daſs die Kunst etas nachgeholfen, und einige der groſsen Gewölbe durch Gänge it einander verbunden hat. Daſs übrigens Steinbrüche zu erauneswürdigen Höhlen werden können, beweisen unter anrn die im Mont-Martre bei Paris, in denen sich einst zwei eistliche verirrt haben und umgekommen seyn sollen, noch ehr aber die Sandsteinbrücke im *Petersberge* bei Mastricht. iese haben einen groſsen stollenartigen Eingang, und einen lauptweg, welcher über eine Stunde lang zu einer anderen effnung herausführt. Von diesem aus gehen viele groſse Nennwege nach verschiedenen Seiten, einer nach Tongern, eir nach Lüttich u. s. w. Der Stahlberg im Nassau-Siegenhen, welcher nach einigen 7, nach andern 9 Stockwerke er einander haben soll, lieſse sich gleichfalls zu den künstlien Höhlen rechnen, vor allen Dingen ist dieses aber der Fall i den ungeheuern Salzgruben von Wiliczka in Pohlen[3], und n Steinkohlengruben bei Whitehaven.

Endlich gehören auch die künstlichen Höhlungen, welche n alten Völkern zu Begräbniſsplätzen dienten, hierher, kön-

---

1 In dessen Reise in Creta. 1823. Taf. 13.

2 Reliquiae diluv. p. 5. Anm.

3 Vergl. *Erde* Th. III. S. 1106. v. Leonhard Taschenbuch für neral. XIII. 253.

nen aber als Erzeugniſse der Kunst nur der Vollständigkeit wegen kurz erwähnt werden. Dahin gehört dss *Labyrinth in Aegypten*, welches aus 3000 Gemächern, zur Hälfte über zur andern Hälfte unter der Erde bestanden haben soll[1], gegenwärtig aber meistens verschüttet ist; die *Katakomben bei Rom*, welche von unglaublioher Ausdehnung sind, meistens aber aus schmalen und niedrigen unterirdischen Gängen mit einer Menge Nischen im tuffartigen Kalksteine ausgehauen bestehen[2]. Minder ausgedehnt, aber aus geräumigern Gängen bestehend, sind die *Katakomben bei Neapel*. Auch bei Smolensk befinden sich ungeheuer groſse und weite Höhlen, die man für künstliche Begräbniſsplätze hält[3], u. a. m.

Diese kurze Uebersicht der vorzüglichsten und bekanntesten Höhlen möge hier als Beitrag zur physischen Geographie genügen. Vollständigkeit kann so viel weniger verlangt werden, als die nämlichen Erscheinungen bei gleichartigen Höhlen sich allezeit wieder erneuern, auch gehören die Untersuchungen über die Arten des Gesteines, worin sie vorkommen und die Ursachen ihrer Bildung zunächst in das Gebiet der Geognosie und Geologie.

M.

Hörrohr.

Tuba acustica; Cornet acoustique; *Hearing trumpet*. Das Hörrohr ist ein Werkzeug, dessen sich Schwerhörige bedienen, um den Schall zu verstärken. Bei der Construction desselben sucht man im Allgemeinen mehr Schallstrahlen aufzufangen und diese so zu vereinigen, daſs daraus eine verstärkte Wirkung auf die Gehörwerkzeuge erhalten werde. Chladni[4] nennt es daher ein umgekehrtes Sprachrohr, bestimmt dem Ohre eine gröſsere Menge Schallstrahlen zuzuführen, und Lambert[5] verlangt die parabolische Figur derselben, um die sämmtlichen Schallstrahlen in einen einzigen Punct zu vereinigen, wozu Chladni noch die Bedingung setzt, daſs der para-

1 Herod. II. 148.
2 S. Pauli Aringhii Roma subterranea. Rom. 1651. II Tom.
3 S. Herbinii religionis Kyoviensis cryptae. Jen. 1675.
4 Traité d'Acoustique Par. 1809. 8. p. 290.
5 Mém. de l'Acad. de Berlin. 1775.

:l im Brennpuncte ein kleines Rohr haben müsse, strahlen durch dieses in den Gehörgang zu leiten. gefunden haben, daſs ein umgekehrtes elliptisch Sprachrohr sich sehr gut zum Hörrohre eigne, r hält die konische Form für die geeignetste, und ıgen oder Windungen der gewöhnlichen Hörrohre nur der Bequemlichkeit des Haltens und Anlegens racht zu seyn. Obgleich aber die Meinung, daſs zum Auffangen einer gröſseren Menge Schallstrah- te Oeffnung haben und zur Concentrirung derselben ;ewölbt seyn müsse, unter den Physikern und Phy- allgemein herrschend ist[2], so läſst sich doch die t dieser Voraussetzung sehr leicht nachweisen. nämlich einen hohlen Kegel von willkürlich wei- ;, oder einen Trichter, wie weit derselbe auch seyn er Spitze in den Gehörgang bringt, so wird sich indeste Verstärkung des Schalls zeigen, selbst die ı Hörrohre, welche allerdings den Schall verstärken, eine Wirkung, so lange sie gerade sind, und eins zu beschreibenden Hörrohre verstärkt wirklich den ıtend, obgleich die auffangende Oeffnung kaum ein r. Quadratzolle beträgt. Die Sprachgewölbe zeigen laſs parabolisch gekrümmte Flächen eine Vereinigung auch eine Verstärkung der Schallstrahlen bewirken, s gilt bloſs von den parallel mit der Axe einfallenden, iebt sich denn bald die Unmöglichkeit, solche für r bei seinem Gebrauche für die gewöhnliche Unter- erlangen, weswegen sich von dieser Bedingung gar mindestens nicht viel erwarten läſst. Man darf da- cht behaupten, daſs es noch keine genügende Theo- rrohrs giebt[3], auch habe ich Gelegenheit gehabt, die nsten Constructionen der Hörrohre zu prüfen, ohne zu irgend einem genügenden Resultate zu gelangen.

ie Construction des Hörrohrs muſs hauptsächlich noch nd berücksichtigt werden, daſs dasselbe die aus der

h Chladni a. a. O.

leben Anfangsgründe d. Naturlehre. 6te Aufl. S. 252.

gl. Ittard: die Krankheiten des Ohres und des Gehörs. 2. S. 234.

Fig. 96. Dasselbe besteht aus einer trompetenförmigen Oeffnung a, ein
Trommel b., welche cylindrisch seyn kann oder seinen Erfah
rungen nach besser elliptisch gekrümmt wird, und aus ein
Zuleitungsröhre c zum Einschieben in den äuſsern Gehörgan
Als einen nicht unwesentlichen Theil desselben betrachtet
zwei künstliche Paukenfelle von Goldschlägerhaut *a a*; *β*
welche in demselben bei der Zusammensetzung ausgespan
werden, und welche den Schall zwar mehr vermindern als ve
stärken, dafür aber weniger verworren machen sollen.

Auf die Construction der schneckenförmigen Hörroh
führt die Erfahrung, daſs bloſse Kegel gar keine Verstärku
des Schalles geben, welche sich indeſs in einem geringen Gra
augenblicklich zeigt, sobald man denselben nur eine Krümmu
Fig. 97. giebt. Weit stärker, und zwar ohne allen Vergleich mit ei
solchen bloſsen Krümmung wird die Wirkung, sobald ein so
ches trompetenförmiges Rohr, auch wenn es in seiner anfän
lichen geraden Gestalt ganz ohne Effect war, schneckenförm
gewunden wird. Ob und in wie weit die Anzahl der Windu
gen hierbei von Bedeutung seyn mag, ist schwerlich durch Ve
suche schon ausgemittelt, wahrscheinlich bleibt dieselbe ab
ganz ohne Einfluſs, sobald nur eine einzige vollständige Win
dung vorhanden ist. Bei einigen von mir untersuchten Exem
plaren konnte ich keinen aus der ungleichen Anzahl der Wi
dungen hervorgehenden Unterschied wahrnehmen. Diesem en
fernt ähnlich, aber weder durch Schönheit seiner Form no
durch gröſsere Wirksamkeit ausgezeichnet, ist ein mit Windu
Fig. 98. gen versehenes Rohr, welches nach Ittard's Angabe a
einem zweimal gewundenen Kegel bestehen soll. Weit sin
reicher dagegen und wahrscheinlich viel zweckmäſsiger ist d
Vorschlag desselben[1], den Schall durch Schneckenwindun
zum Ohre zu führen, und weil diese aus Metall schwer küns
lich zu bereiten sind, natürliche Schneckenhäuser für dies
Zweck einzurichten. Man nimmt hierzu geeignete Exempla
Fig. 99. der Schrauben-Trompeten- und Kegelschnecken, schneid
die Spitze so weit ab, bis der Gang sich öffnet, setzt auf die
Oeffnung ein so gebogenes Rohr, daſs es sich bequem in de
Gehörgang bringen läſst, und zur Vergröſserung der Oeffnu
auf das weitere Ende des Schneckenhauses eine metallene Mü

1 Ittard a. a. O. S. 239.

man auch ein oder zwei Trommelfelle α α; β β;
lägerhaut anbringen kann, und erhält auf diese
:rlangten Apparat.
ste Aehnlichkeit mit diesen haben unter den mu-
Hörrohren die sogenannten französischen künst-
. Man verfertigt sie in Spanien aus wirklichen
onst gewöhnlich aus Silber, und trägt sie an einem
ügel über den Kopf[1]. Ihre Wirkung ist unbe-
d wird wahrscheinlich hauptsächlich nur durch ein
lingt, welches von denselben in den äuſsern Ge-
; übrigens haben sie den Vorzug groſser Bequem-
r nahe kommen ihnen im Baue die Gehörmuscheln,
hfalls an einem über den Kopf gebogenen metalle-
efestigt, die in ihren Windungen aufgefangenen
ı durch eine Röhre in den Gehörgang leiten. Selbst
ene Röhrchen, in den Gehörgang geschoben, noch
zusammengedrehete Pfriemen von Baumwolle, über
gewunden und vermittelst des letzteren durch das
kenfell in die Paukenhöhle gedrückt, bis die schmerz-
ıdung das Weiterschieben nicht mehr gestattet, sol-
ı ein wirksames Mittel zur Herstellung des Hörens
Eine Anwendung dieses Vorschlags ist übrigens ge-
: selten, und daher die Prüfung desselben höchst

ner, nach dem bloſsen Baue zu urtheilen, unerwar-
Virkung ist eine Art Hörrohr, dessen Erfinder gleich-
D zu seyn scheint[3]. A A ist der Körper von dün- Fig. 100.
lech oder Messingblech, hohl und etwa von gleicher
öhe; welcher so gebogen ist, daſs er ziemlich ge-
Kopf des Tragenden paſst, und sich allmälig in die
hren a a verläuft. Auf diesen stecken zwei andere
zweimal rechtwinklich gebogene hohle Röhrchen,
gedrehet werden können, daſs man ihre Enden β β

—

is Abh. über den gesunden und kranken Zustand des Oh-

RD a. a. O. S. 246.
ı. O. S. 245. Die Beschreibung ist nicht wohl verständlich,
las Instrument nicht gesehen hat. Eine Zeichnung ist

in die Gehörgänge beider Ohren bringt. In der Mitte über d
Stirn befindet sich eine Oeſfnung *a a*, nicht gröſser als etw
1,5 Z. lang und 0,75 Z. breit, durch welche der Schall in di
Ohren gelangt. Wie eine so kleine Oeſfnung eine so bedeutend
Verstärkung des Schalles hervorbringen könne, als durch dies
Werkzeug erhalten wird, wäre ganz unbegreiflich, wenn die
Wirkung überhaupt von der Gröſse der Fläche abhinge, w
durch die Schallwellen aufgefangen werden. Die Verstärku
scheint mir daher nach dieser und den oben mitgetheilten Erfa
rungen nicht sowohl hiervon, als vielmehr von den hohlen g
krümmten Räumen abzuhängen, worin die Schallwellen fo
geleitet werden, eine Hypothese, welche selbst schon in d
Betrachtung des natürlichen äuſseren Ohres eine bedeuten
Unterstützung erhält. Der ganze Apparat ist dazu bestim
von schwerhörigen Damen unter der Haube getragen zu w
den, und es thut der Wirkung desselben keinen Abbru
wenn eine solche leichte Haube darüber gezogen oder die Oe
nung durch so lockeres Zeug, als zu solchem Putze genomm
wird, verschlossen ist.

Alle Hörrohre, insbesondere auch das letztere, haben ein
ihre Wirksamkeit ungemein beschränkenden, für viele Perso
nen ganz aufhebenden Fehler, nämlich sie erzeugen neben d
verstärkten Schalle durch die wiederholte Reflection der Sc
wellen in den Höhlungen, und wahrscheinlich zugleich d
das Mittönen der Masse, woraus sie verfertigt sind, ein so u
angenehmes und oft so störendes Brausen und Summen,
dieses in manchen Fällen ganz unerträglich wird. Hieraus
klärt sich die von Ittard gemachte Beobachtung, daſs ein
Hörrohre für diese und einige für andere Personen passen,
dem es für manche vortheilhaft seyn mag, durch das Nebe
nen (wie bei der *peracu is Willisiana*[1]) die Empfänglich
des Gehörs für die Eindrücke des Schalles zu wecken. In d
meisten oder mindestens in sehr vielen Fällen werden indeſs
Hörrohre dadurch ganz unbrauchbar, wenn anders dieses H
dernifs nicht durch die in ihnen ausgespannten Membranen b
seitigt wird, worüber ich keine Erfahrungen habe. Es hat f
ner nach zufällig von mir gemachten und nachher absicht
wiederholten Beobachtungen vermuthlich bei allen, nament

1 Vergl. *Gehör* Th. IV. S. 1219.

iber bei den schneckenförmig gewundenen Hörrohren auf ihre Wirksamkeit keinen merklichen Einfluſs, wenn die trompetenörmige Oeffnung mit einer weichen Substanz, z. B. Baumwolle u. s. w. lose ausgestopft ist. Endlich aber bemerke ich noch, laſs man nicht zu sehr eilen darf, zum Gebrauche des Hörrohrs eine Zuflucht zu nehmen, weil hierdurch das Ohr in den meiten Fällen gegen die gewöhnlichen Eindrücke des Schalles sehr abgestumpft wird, und wenn beide Ohren in gleichem rade schwerhörig sind, so verliert meistens dasjenige, bei elchem man das Instrument nicht anwendet, die Fähigkeit u hören gänzlich oder in einem weit höheren Grade.

Unter die minder bekannten Hörrohre kann auch dasjenige erechnet werden, welches Ittard[1] für den individuellen Zweck mpfiehlt, um die taubstummen Kinder nach anfangender Wieerherstellung des Gehörs ihre eigene Stimme vernehmen zu achen. Es besteht dieses bloſs aus einem krummen, wie ein orn gebogenen Instrumente, dessen weiteres offenes Ende gem die Oeffnung des Mundes umschlieſst, indem das andere itze in das Ohr geht. Sein Gebrauch soll sich bloſs auf den gegebenen Zweck beschränken, indeſs möchte ich fast bezweiln, daſs auch in dieser Hinsicht oder überhaupt viel von demlben zu erwarten sey. Endlich giebt auch Truchet[2] eine igenthümliche Art Hörrohr (unrichtig Sprachrohr genannt) an. Dieses besteht aus einer dem äuſsern Ohre nachgebildeten Oeffung mit einer Membrane, welche das Paukenfell ersetzen und as Eindringen der äuſsern Luft in das innere Ohr verhüten soll. an hat indeſs wenig oder überhaupt keinen Gebrauch von mselben gemacht.

Alle die bisher beschriebenen und die ihnen ähnlichen örrohre sind hohl, das den Schall leitende Medium bei ihnen die Luft, und der Weg, welchen die Schallwellen bis zu n Gehörnerven nehmen, ist das äuſsere Ohr. Indem der hall aber auch durch feste Körper geleitet wird, und der Zul schon frühe die Erfahrung herbeiführen muſste, daſs derbe auch durch die festen Theile des Kopfes, vorzüglich die hne wahrgenommen wird, so erwähnen schon Ingrassia[3],

1 A. a. O. S. 542.
2 Annal. Wratislav. Cent. 4. anni 1718. Apr. 5 art. 1 §. 2.
3 I. B. Ingrassia de ossibus. cet. Lugd. 1551, 12.

Athanas. Kircher [1] und Boerhave [2] einer Vorrichtung, ver mittelst deren man durch die Zähne hören kann. Später schlu Joh. Jorissen [3] und zwei Jahre später J. H. Winkler letzterer jedoch bloſs die Versuche und Angaben des ersten be nutzend, hierzu einen hölzernen, einige Fuſs langen und etw ein bis zwei Quadratzolle im Querschnitt haltenden Stab vo welchen sowohl der Redende als auch der Hörende zwische die Zähne nehmen muſste. Wegen der augenfälligen Unb quemlichkeit dieser Vorrichtung, namentlich für den Redende schlägt Ittard [5] vor, ein hohles, nach oben verjüngtes Pris von zolldickem Holze mit einem platten Mundstücke an eine Ende zu wählen, an das andere Ende desselben aber einen Tric ter zu befestigen, in welchen der Redende den Mund hält. I deſs ist die Wirkung dieses Instrumentes ungleich schwäch weswegen auch Ittard selbst, in Fällen groſser Schwerhörigk zur Beibehaltung des von Jorissen vorgeschlagenen festen L ters räth, mit der Verbesserung, daſs das eine Ende dessel in zwei federnde, etwa zwei Zolle von einander abstehe Blätter ausläuft, welche durch ihre Schnellkraft sich stets Berührung mit dem oberen Rande der Zähne des Redenden halten, ohne die Bewegung der Kinnbacken und Lippen Articulirung der Töne beim Reden aufzuheben. Daſs die R hierdurch etwas undeutlich werden müsse, versteht sich vo von selbst, indeſs soll das ganze Werkzeug auch nur als Hülfsmittel zur Aufhebung oder Milderung eines bestehen Uebels dienen [6]. *M.*

---

1 Musurgia universalis, sive ars magna consoni et dissoni X libr. dig. II Tom. Rom. 1650. fol. L. 1. sect. 7.

2 Institut. rei med. De auditu.

3 Dissertat. sistens novae methodi, surdos reddendi audie physicas et medicas rationes. Halae 1757. 4.

4 De ratione audiendi per dentes. Lips. 1759. 4.

5 A. a. O. S. 245.

6 Hier könnte auch das *Horchrohr* erwähnt werden, wel Praetorius in Gilb. Ann. XXXIX. 150. für den Kriegsgebrauc Vorschlag gebracht hat, eine oben umgebogene Eisenstange, mit einer Schaufel, welche in die Erde gesteckt wird, um die wegungen des Militärs auf groſse Entfernungen zu hören. Allein übergehe dessen Beschreibung mit Stillschweigen, weil man zwar Bewegungen hört, aber den Ort derselben nicht unterscheiden ka

H o f
um Sonne oder Mond.

alo, corona; Halon, couronne; *Halo, crown.*

Man sieht oft den Mond von farbigen Ringen umgeben, ren Halbmesser nur wenigen Durchmessern des Mondes gleich d, und ähnliche Ringe zeigen sich auch um die Sonne, wo n sie nur, wegen des blendenden Lichtes der Sonne, selte- wahrnehmen kann. Diese Ringe nennt man *Höſe*, und ich de sie hier mit dem Namen *kleinere Höſe*, auszeichnen. n ihnen wesentlich verschieden sind die *gröſseren Höſe*, die Ringe, von etwa 22 Grad und 44 Grad Halbmesser zu- len um Sonne oder Mond gesehen werden, und welche t immer, aber doch sehr oft, mit der Erscheinung *einer* *ensonne* (*parhelius*; parélie; *mocksun*) oder mehrerer Ne- sonnen verbunden sind, so wie auch beim Monde Neben- de erscheinen. Mit diesen gröſsern Höfen zugleich erschei- oft andere horizontale und verticale oder auch schief liegende se, die mit jenen groſsen Höfen in so naher Beziehung ste- , daſs man alle diese Phänomene zusammen betrachten und rklären suchen muſs. Da die kleinen Höfe von ganz an- Umständen als die gröſsern abzuhängen scheinen, so tren- ich die Betrachtung der erstern völlig von der der letztern.

Von den kleinen Höfen um Sonne und Mond.

Wenn die Luft entweder mit Dünsten so schwach erfüllt daſs das Blau des Himmels davon wenig getrübt wird, und Strahlen des Mondes doch nicht zu sehr zurückgehalten en, oder wenn dünne Wolken vor dem Monde vorbei zie- so sieht man ihn von einem oder mehrern kleinen Höfen ben. Diese zeigen sich ganz nahe um den leuchtenden er, und zwar so, daſs diesen zunächst ein Kreis von grau- n Blau umgiebt, welches ganz nahe an dem leuchtenden er in helleres Weiſs übergeht, nach auſsen aber mit einem n und rothen Kreise begrenzt ist; dann folgt eine Farben- von Violett, Blau, Grün, Gelb, Roth; eine neue Far- ge von Grün, verwaschenem Gelb und Roth; endlich mat-

tes Grün und mattes Roth[1]. So vollständig zeigen diese Hö sich nur selten, da man sie um die Sonne wegen der blende den Helle dieses Himmelskörpers sehr schwer sehen kann, u beim Monde sehr günstige Umstände dazu gehören, um sie a darzustellen. Newton hat einmal das im Wasser gespiege Sonnenbild mit Ringen, den eben beschriebenen gleich, u geben gesehen, und man kann sich theilweise diese Erschi nung leicht verschaffen, wenn Wolken vor der Sonne vorb ziehen und man unterdeſs das Sonnenbild im Wasser betracht aber seltner trifft es sich, daſs die Höfe gerade dann vollstän erscheinen[2].

Um die Erklärung dieses Phänomens herbeizuführen, welchem die Farbenfolge an diejenigen Ringe erinnert, wel man, vermöge der Beugung des Lichtes, entstehen sieht, w man das Licht durch eine sehr kleine Oeffnung fallen läſst, ich einen andern, leicht anzustellenden Versuch anführen, ein sehr nahe verwandtes Phänomen darstellt. Man nehme dünnes Florband, worin die überall gleich dicken Fäden reg mäſsig gewebt sind, halte es so, daſs die eine Fädenreihe v tical, die andere horizontal läuft, vor das Auge, und durch dasselbe nach einer entfernten Lichtflamme, so sieht m erstlich neben dem Lichte an beiden Seiten mehrere einand zum Theil deckende Lichtflammen, die einen hellen, gegen d Rand hin rothen Raum ganz ausfüllen; dann folgt horizo neben diesen Flammen ein dunkler Raum, an den sich schönes farbiges Bild der Lichtflammen, mit der blauen Seite n dem Hauptlichte gekehrt, und dann Grün, Gelb, Roth zeig anschlieſst; neben diesem sieht man wieder einen dunkeln Ra und dann ein eben so, wie das vorige, gefärbtes Bild. E

---

1 G. XVIII. 30. XLII. 403. In der Beschreibung, die in LII. 450. gegeben wird, machen die drei ersten Ringe die e Farbenfolge aus, der vierte bis siebente bilden die zweite, achte und neunte die dritte Farbenfolge. Vergl. Misc. Ber IV. 64.

2 Bei einem von Messier beobachteten schönen Hofe um Mond ist die Farbenfolge anders angegeben. Um den Mond, einen Monddurchm. breit, ein milchiges Weiſs, dann ein nicht so breiter orangefarbner Ring; dann ein dem ersten Ringe an Br gleicher tief blaulicher Kreis, endlich ein nicht so breiter tief p purner Kreis. Mém. de l' Inst. de France. V. 130.

solche wiederholte Bilder der Lichtflamme sieht man oberwärts und unterwärts, wo sie aber wegen der Länge der Lichtflamme sich mehr einander decken. Entfernt man sich weit vom Lichte, so erscheinen die hellen, den innern Raum ausfüllenden Lichtflammen mehr getrennt, weil ihre scheinbaren Abstände von einander gleich bleiben, während die scheinbare Gröſse jeder Flamme kleiner wird; die hinaufwärts oder herabwärts einander folgenden Bilder dagegen, die der Hauptflamme am nächsten liegen, decken, ihrer gröſsern Länge wegen, auch dann noch einander. — Diese vier Reihen wiederholter Lichtbilder liegen nach der Richtung der Fäden des Bandes, und wenn man die horizontalen Fäden, und damit auch die verticalen Fäden in eine schiefe Lage bringt, so nehmen die Lichtschweife eben die schiefe Lage an; legt man zwei Theile des Florbands so über einander, daſs die Fäden sich unter halbrechten Winkeln durchkreuzen, so erhält man acht Lichtschweife; und könnte man die Fäden nach allen Richtungen gehend anbringen, so würde sich um den innern lichten Raum, der sich mit Roth einfaſst, ein Ring zeigen, der die ganze Farbenfolge und das Blau nach innen, das Roth nach auſsen, darböte; dann ein dritter Ring mit eben der Farbenfolge, u. s. w. Diese Farbenfolge kann indeſs bei leuchtenden Körpern von erheblichem Durchmesser nicht rein erscheinen, da eigentlich jeder leuchtende Punct um sich einen runden Hof haben sollte, wo dann offenbar die Farben des einen auf andere Farben des andern fallen, auf eine Weise, die sich leicht näher untersuchen lieſse.

Diese Erscheinung, die jeder leicht selbst sehen kann, ist offenbar mit dem Phänomene der kleineren Höfe so nahe übereinstimmend, daſs man die Entstehung dieser aus jener muſs erklären können; und diese Erklärung ist auch schon von Jordan[1], noch vollständiger aber von Fraunhofer[2], angegeben worden. Die eben erzählten Phänomene beruhen auf der Beugung des Lichtes, und wenn gleich die vollständige Erklärung erst aus den genauern Untersuchungen über die Beugung des Lichtes[3] hervorgehen kann, so wird sich doch die Hauptsache sich hier deutlich machen lassen.

1 G. XVIII. 21.

2 Theorie der Höfe und Nebensonnen; in Schumacher's astron. Abh. 3tes Heft.

3 S. Art. *Inflexion.*

Wenn mehrere kugelförmige undurchsichtige Körper von sehr kleinem Durchmesser nahe bei einander schweben, so wird an jedem dieser Kügelchen durch die Beugung des Lichtes eine Zerlegung der Lichtstrahlen so hervorgebracht, daſs von dem dicht an c vorbei gehenden Lichtstrahlen *ein* rother Strahl nach Fig. 101. d, *ein zweiter* rother Strahl nach f, *ein dritter* nach g gelangt, *ein vierter* nach h; eben das findet auf der andern Seite statt. Da nun ganz dieselbe Beugung für jedes einzelne Kügelchen eintritt, so erhält das Auge in d, welches von dem directen Lichtstrahle k d getroffen werden sollte, den rothen Lichtstrahl c d, und den mit c e parallelen rothen Lichtstrahl c′d; es sieht also nach den Richtungen d c, d c′ rothes Licht, oder vielmehr da eben dieses rund um d k nach allen Seiten statt findet, einen rothen Ring, den ich den ersten rothen Hof nennen will. Genau so erhält das Auge d die mit den zweiten rothen Strahlen cf, c f parallelen Strahlen d m, d m′, und sieht in dem scheinbaren Abstande k d m einen zweiten rothen Ring um den leuchtenden Körper; d n, d n′, mit dem dritten rothen Strahle c g, c g parallel, geben einen dritten rothen Ring und so ferner. Nach den Gesetzen der Beugung des Lichtes bleiben die von c herkommenden blauen Strahlen der ersten Ordnung näher als die ersten rothen Strahlen bei ihrer natürlichen Richtung, und das Auge d sieht also die blauen Ringe in geringerem Abstande von dem leuchtenden Körper, als die rothen, und daſs die übrigen Farben nach der Ordnung dazwischen fallen, versteht sich von selbst. Da der Mond eine so bedeutende scheinbare Gröſse hat, so erhellet, daſs die Farben sich minder rein darstellen müssen; denn wenn zum Beispiel der rein rothe erste Ring, welcher dem Mittelpuncte entspricht, einen Halbmesser haben sollte, der nur um $\frac{1}{4}$ Grad von dem des zweiten blauen verschieden wäre, so würde der Ring, der den nächsten Randpunct des Mondes roth umgeben sollte, mit dem zweiten blauen Ringe um den Mittelpunct zusammenfallen, und so kann für andre Farben dieses noch leichter statt finden.

Um die Ueberzeugung, daſs die Höfe so entstehen, noch mehr zu unterstützen, hat Fraunhofer Glaskügelchen auf ein horizontales Glas gestreuet und den vertical auf sie zurückgeworfenen Sonnenstrahl nach dem Durchgange zwischen ihnen beobachtet. Je kleiner die Kügelchen waren, desto gröſser waren die Durchmesser der Höfe.

Andere Beobachtungen über die Beugung des Lichtes zeigten Fraunhofer, daſs man den Halbmesser $= r'$ des ersten rothen Ringes, den Halbmesser $= r''$, des zweiten, den Halbmesser $= r'''$ des dritten, durch

$$r' = \frac{0,0000257}{\gamma};$$
$$r'' = r' + \frac{0,0000214}{\gamma};$$
$$r''' = r'' + \frac{0,0000214}{\gamma}$$

usdrücken könne, wenn γ der Durchmesser eines Dunstkügel-hens in Paris. Zollen ist. Fraunhofer berechnet darnach drei eobachtungen über Höfe und findet, daſs bei der einen von rdan angestellten, $\gamma = 0,00191$ Zoll, bei der zweiten von rdan angestellten $\gamma = 0,000578$; bei der dritten, von New-on angestellten Beobachtung[1] $\gamma = 00113$ Zoll betrug[2].

Da die Höfe bei ungleicher Gröſse der Dunstkügelchen so gleich ausfallen, so können sie nur erscheinen, wenn die röſseste Zahl der Dunstkügelchen von gleicher Gröſse ist, und

---

1 Newtoni Opt. am Ende des 2ten Buches. Noch eine Bestim-ung von Musschenbroek findet man in Mém. de Paris. 1735 p. 87. wo e Beobachtung vom 14. April hierher gehört. Vgl. v. Humboldt eise I. 505.

2 In diesen Berechnungen stimmen die von mir gefundenen Zah-nicht ganz mit Fraunhofer's überein; ich habe aber seine Anga-n beibehalten. Die Rechnung ist folgende: Die beobachteten Durch-sser der Ringe sind:

$$2^0\ 1' = 0,0351975 = 2r';$$
$$3^0\ 20' = 0,0581776 = 2r'';$$
$$5^0\ 36' = 0,0977384 = 2r';$$
$$9^0\ 52' = 0,1722058 = 2r'';$$
$$3^0 = 0,05236 = 2r';$$
$$5^0\ 30' = 0,09599, = 2r''.$$

ht man nun $\gamma = \frac{0,0000257}{r'} = \frac{0,0000471}{r''}$, so erhält man aus den i Beobachtungen

$$\gamma = 0,001460;\ \text{u. auch} = 0,001618.$$
$$\gamma = 0,000526;\ \text{u. auch} = 0,000547.$$
$$\gamma = 0,000982;\ \text{u. auch} = 0,000981.$$

nach würde man die Durchmesser der Dunstkügelchen auf 0,001539; 00536; 0,000982, setzen müssen. Fraunhofer muſs also andre rchmesser als die von ihm S. 48. angegebenen gebraucht haben.

so erhellet, warum nicht immer bei gleicher Dunstbedeckung Höfe erscheinen. Sind nämlich die Dunstkügelchen ungleich, so fallen die durch *eine* bestimmte Gröſse hervorgebrachten Farben, auf die ungleichen Farben, die einer andern Gröſse entsprechen, und bilden eine weiſse Erleuchtung um den leuchtenden Körper.

Man kann ein den Höfen um den Mond vollkommen ähnliches Phänomen hervorbringen, wenn man eine reine Glasscheibe sehr schwach anhaucht, und dadurch ein entferntes, recht helles Licht oder auch den Mond ansieht. Man erblickt dann zunächst um den leuchtenden Körper einen dunkeln Kreis, der in Blaulich, dann in Weiſs übergeht und roth umgrenzt ist. Dieser Hof ist bei einem recht leiſsen Hauche am gröſsesten, wie es der dann statt findenden Kleinheit der niedergeschlagnen Dunsttheilchen gemäſs ist [1].

In sichtbaren Wasserdünsten, die vor einem Lichte aufsteigen, sieht man aus ähnlichem Grunde Färbungen, die jedoch wegen der Unregelmäſsigkeit solcher Dampfwolken selten ordentliche Kreise darstellen. Auch ohne Hülfe eines fremden Mittels zeigen sich farbige Höfe um die Lichter bei krankhafter Affection des Auges, ohne Zweifel, weil feine undurchsichtige Verdichtungen sich auf den Häuten des Auges befinden [2].

Ein ganz hierher gehöriges Phänomen zeigt sich im Nebel um den Schatten des Beobachters. Ehe ich aber von diesem rede, will ich eine sehr oft beobachtete Erscheinung anführen, die man leicht gewahr wird, wenn man bei niedrigem Stande der Sonne den Schatten seines eignen Kopfes betrachtet. Man sieht diesen dann mit einem hellen Scheine umgeben, der sich gewöhnlich oberwärts ziemlich hoch über den Kopf hinauf erstreckt; er ist nur sichtbar, wenn der Schatten auf Gras, Korn und dergleichen fällt, und er verschwindet, wo der Schatten eine ganz ebene Fläche trifft. Nach v. Winterfeld's Erklärung [3], entsteht dieser helle Hof aus Reflexion der Lichtstrahlen

---

1 Einen Versuch mit dem Dunstbeschlage der Glocke auf der Luftpumpe erklärt Gilbert richtig. Ann. XVIII. 52.

2 Brougham (Ph. Tr. 1796. p. 259) sagt, die durch die Pupille gehenden Strahlen werden gebeugt, indem sie durch die Fasern der Augenhäute gehen.

3 G. XVIII. 64.

theils an den Thautropfen, theils an den glatten Grashalmen und aus der Erleuchtung ihrer ganzen Oberfläche. Wäre nämlich die Sonne ein einziger Punct, so würde genau von dem Thautropfen aus, der mit der Sonne und meinem Auge in gerader Linie liegt, der Lichtstrahl sowohl von der hinteren als vorderen Seite in mein Auge zurückgeworfen, wenn nicht gerade an diese Stelle mein Schatten ſiele. Jeder in anderer Lage beſindliche Thautropfen kann uns nicht beide reflectirte Strahlen zugleich zusenden. Für Strahlen, die von der Sonne kommen, findet eben das, wegen ihres erheblichen Durchmessers noch statt, wenn die Thautropfen den Schatten meines Kopfs nur naheliegen, für entferntere aber nicht.

Dazu kommt, daſs wir die undurchsichtigen runden Körper vermöge des unregelmäſsig zerstreut zurückgeworfenen Lichtes erleuchtet sehen, und nur die erleuchtete Seite derjenigen Grashalme, die der Sonne gegenüber liegen, ganz sehen, diejenigen dagegen, welche weiter seitwärts liegen, bieten uns einen Theil ihrer Schattenseite dar. Daſs der Schein sich nach oben hin weiter verbreitet, kommt theils davon her, daſs die cylindrischen Halme, auch da, wo der obere Theil unseres Schattens aufhört, ihre ganz erleuchtete Seite zeigen, theils mag er von der bei niedrigem Sonnenstande nicht unerheblichen Zurückwerfung des Sonnenlichtes von der zwischen dem Beobachter und der Sonne liegenden, mit glänzendem Grase und Thau bedeckten Ebene herrühren; dieser zerstreute Lichtschimmer bietet gleichsam eine Menge unter der Horizontallinie stehende Sonnen dar, deren nahe bei meinem Kopfe vorbeigehende Strahlen genau ebenso zu mir reflectirt werden, und die zur Verstärkung der Erleuchtung aller gegen die Sonne gekehrten Seiten beitragen [1].

Selten zeigt sich diese Glorie um den Schatten des Kopfes so schön, wie Bouguer sie in den Wolken auf den Andes [2], und Scoresby auf den dichten Nebeln sah [3], die in den Polargegenden oft auf dem Meere ruhen; aber auch auf dünnern Ne-

---

1 Von dem physiologischen Scheine, wo jedes Dunkle sich mit Hell umgeben zeigt, kann hier nicht die Rede seyn, da diese Erscheinung sich nicht *bloſs* um den Schatten *des Kopfs* zeigen könnte.

2 Mém. de Paris 1744. 262. Bouguer la ſigure de la terre. XLIII.

3 Journ. of a Voyage to the northern Whaleſishery. p. 276.

belschichten können sie sich zeigen[1]. Ich will hier nur Sc
RESBY's Erzählung mittheilen, und FRAUNHOFERS Erklär
des Phänomens daran anknüpfen. Wenn eine nur bis auf
oder 60 Yards hoch sich erstreckende Nebelschicht auf d
Meere liegt, so sieht man, obgleich die Dicke des Nebels (
genstände auf der Erde nicht weit zu sehen gestattet, doch
Sonne sehr hell, und ein Beobachter auf der Spitze des Ma
sieht dann im Nebel, um den Schatten seines Kopfes, farl
Kreise, die desto schöner sind, je dichter die Nebelschicht
welche die Gegenden unter ihm einnimmt. In allen Fällen l
det der Schatten des Kopfes des Beobachters das Centrum a
Kreise, und man sieht zugleich den Schatten der umgeben
Theile des Schiffs. Der innerste Kreis ist so klein, daſs er
seinem starken Glanze eine Gegensonne (*anthelius*) oder e
Glorie um des Beobachters Kopf bildet. Eine Erscheinu
wie sie sich auf der Spitze des Mastes 105 Fuſs über dem W
serspiegel darstellte, beschreibt SCORESBY genauer. Wenn
sehr dichtem unten liegendem Nebel die Sonne dennoch l
schien, so zeigten die zwei innern Kreise, welche bei min
dichtem Nebel sich in einen einzigen hellen Ring vermischt
ganz deutliche Farben, und zwar der erste von innen her g
rechnet, Weiſs oder Gelb und Roth; dann folgte Purpur, Bl
Grün, Gelb, Roth als zweite Farbenfolge, und weiter entfe
von der Sonne als dritte Farbenfolge Purpur, Grün, weiſsl
oder schwaches Gelb, Roth, Purpur. Die dritte Farbenre
war nur schwach. Der Halbmesser des äuſsersten Randes
ersten Ringes war nach Schätzung $1\frac{1}{2}$ bis 2 Grad, die äuſs
Grenze des zweiten Ringes, (wofür SCORESBY das Purpur re
net, das ich zur dritten Farbenfolge genommen habe), n
Messung = 4° 45′; der Halbmesser des dritten nach Schätz
6°.30′. Nur diese Höfe sind es, die hierher gehören, in
muſs ich doch, um das Phänomen vollständig zu beschreib
noch den vierten, viel gröſseren Kreis erwähnen, der nach
Beschreibung 4 Grade breit seyn muſste, dessen Mitte einen l
dius von 38° 50′ hatte, und der sich bloſs als ein weiſs-gra
Ring zeigte. Einen fünften noch etwas gröſsern weiſsen Kr

---

1 G. XVIII. 68. Auch der von WEIDLER um die Gegenso
beobachtete kleine Hof gehört wohl hieher. Phil. Tr. 1739. V
XLI. 221.

iat SCORESBY zu andrer Zeit mit der Erscheinung verbunden esehen.

Ueber die beiden letzten will ich im Artikel *Regenbogen* twas sagen; für die ersteren giebt FRAUNHOFER (auf BOUGUER's eobachtung bezogen), folgende Erklärung, die ich auf Sco-ESBY's Beobachtung anwenden werde.

So wie die direct von der Sonne auffallenden Strahlen in n Wasserkugeln oder Dunstkugeln nur dann von der vorde-n Fläche und von der inneren hinteren Fläche nach einerlei ichtung zurückgeworfen werden, wenn sie durch den Mittel-inct der Kugeln gehen, eben so wird dieses auch mit den ge-ugten Strahlen der Fall seyn. Diejenigen gebeugten Strahlen io, welche an den, den Kopf des Beobachters zunächst um-benden Dunstkügelchen gebeugt werden, kommen auf eben m Wege zurück, und erreichen das Auge des Beobachters, r also, vermöge eines solchen Strahls einen leuchtenden Punct eben so groſsem scheinbarem Abstande von dem Schatten sei-s Auges sieht, als derjenige ist, wo ihm gegen die Sonne ge-ndt, ein Hof um die Sonne erscheinen sollte. Daſs daraus n, weil es rund um den Schatten gebeugte Strahlen giebt, eise entstehen und zwar verschiedenfarbige und Wiederho-gen derselben Farbe, wegen der verschiedenen Beugung, er-llt leicht.

FRAUNHOFER rechnet die Gröſse der Dunsttheilchen ebenso , wie vorhin, und in Beziehung auf SCORESBY's Beobach-g würde man aus dem dritten Ringe 0,000604, aus dem iten 0,000568 finden, und der erste Ring müſste 2° 31′ Halb-sser gehabt haben, um das Mittel zwischen beiden zu geben.

Diese Erklärung scheint mir zu keinem Einwurfe Veranlas-g zu geben. Der einzige Einwurf, der möglich schie-nämlich, ob denn die schon einmal gebeugten Strahlen, n sie wieder an Dunsttheilchen vorbeigehen, nicht aber-s gebeugt, und dadurch in unregelmäſsige Richtungen ge-ht werden, scheint durch die Ueberlegung, daſs hierdurch r eine Schwächung eintreten, das Phänomen aber nicht ganz ehoben werden kann, hinreichend widerlegt zu seyn.

Bei den Erklärungen, welche von den Physikern früherer en über diese Höfe gegeben sind, ist es nicht der Mühe werth,

zu verweilen, zumal da sie sich mehr auf die gröſsern Höf beziehen[1].

Newton glaubte diese kleinen Höfe aus den beim Durch gange durch dünne Blättchen entstehenden Farbenringen erklä ren zu können. Wenn nämlich das Licht durch ein klein Wasserkügelchen gehe, so würden da, wo der Lichtstrahl d hintere Wand des Tropfens erreicht, einige Lichttheilchen i Zustande leichterer Durchlassung seyn, andere im Zustan leichterer Zurückwerfung. Hätten zum Beispiel die den Durc messer durchlaufenden rothen Strahlen genau 250 Wechsel i res Zustandes erlitten, und andre, die eine kürzere Sehne durc laufen, 249, noch andre in einer noch kürzern Sehne nur 24 so liegen dazwischen Sehnen, die keinen ganzen Wechseln en sprechen, und nur an jenen Stellen werden die rothen Strahl durchgelassen; und so wie hier die durch *eine* Kugel gehend Strahlen Ringe auf einem dahinter liegenden Papiere darstell müſsten, so muſs nach Newton's Ansicht auch die mit solch Kügelchen erfüllte Luft uns Ringe um die Sonne darstellen.

Hätte Newton die später aufgestellte Meinung gekan daſs die sichtbar niedergeschlagenen Dunsttheilchen aus hohl Bläschen bestünden, so hätte er diese Ansicht wohl noch me unterstützen können. Denn gewiſs, wenn eine Schicht Seifen blasen, überall gleich dick und alle völlig gleich, vor der Son schwebte, so müſsten solche Ringe um die Sonne geseh werden. Indeſs scheint es doch nicht, daſs es der Mühe wer wäre, diese Betrachtung weiter zu verfolgen, theils weil (viel ich einsehe) der Durchgang durch mehrere solche Bläsch eine völlige Mischung der Farben hervorbringen würde, u also die Betrachtung *einer* hohlen Kugel, durch welche die So ne angesehen würde, hier zu nichts führt, theils weil, we die um die Sonne gesehenen Höfe vermöge der durchgelassen Strahlen gesehen werden, doch wohl die um den Schatten v Bouguer und Scoresby gesehenen, vermöge der zurückgew fenen Strahlen erscheinen und folglich die umgekehrte Farbe folge haben müſsten, was aber nicht der Fall war.

Huygens's Theorie bezieht sich nur auf die gröſsern Hö und da auch nach T. Mayer's Theorie das Roth an der inn

1 Vergl. Priestley's Geschichte der Optik, übers. v. Klüg S. 434.

ieite des Ringes erscheinen muſs, welches bei den groſsen Hö-
en der Fall ist, nicht aber bei den kleinen, so erwähne ich sie
ier nicht. Von Wood's Theorie[1] will ich die Hauptsache an-
ühren. Die Voraussetzung, daſs die Dunsttheilchen hohle Was-
erbläschen sind, und daſs die durch die äuſsere Oberfläche die-
r Wasserschale eindringenden Strahlen an der innern Ober-
äche reflectirt werden, ehe sie in die Höhlung eindringen, macht
ie Grundlage seiner Theorie aus. Wird der einfallende Strahl Fig.
B nach BE gebrochen, in E an der innern Wand der Hülle 102.
ach EG zurückgeworfen, und nach GO gebrochen, so sieht
s Auge O durch diesen Strahl ein Bild nach der Richtung OG,
d da der scheinbare Abstand dieses Punctes G von dem un-
dlich entfernten leuchtenden Puncte M, = MOG = HDM
: BCG = 2.BCE ist, BCE aber für minder gebrochene
rahlen gröſser ist, so sieht das Auge O das rothe Bild am wei-
sten von der Sonne entfernt. Wird der Strahl nach dreimali-
r Reflexion so wie BEGLNP, zum Auge hin gebrochen, so
der Abstand doppelt so groſs, und der zweite gleichfarbige
ng muſs doppelt so weit als der erste von der Sonne abstehen.
ſs die Beobachtungen diesen Abstand nicht genau doppelt so
ſs angeben, hält Wood für Beobachtungsfehler, gesteht aber
gleich, daſs genaue Beobachtungen erst die Richtigkeit seiner
heorie bestätigen müſsten. Den Zweifel, ob denn die so zum
uge kommenden Strahlen *wirksame* Strahlen sind, oder ob
cht, da aus ganz verschiedenen Richtungen solche Strahlen
uns gelangen können, das Vorglänzen eines bestimmten Punc-
ganz wegfalle, sucht er dadurch zu heben, daſs er bemerkt,
nn MB senkrecht auf den Radius einfalle, so sey BE der
serste gebrochene Strahl, und obgleich zwischen F und E
ahlen auffallen können, die durch Zurückwerfung zerstreut
rden, so gelange doch keiner über E hinaus, und der von
r zurückgeworfen ins Auge gelangende bezeichnet also aller-
gs eine Grenze, jenseits welcher das Auge kein Licht auf
se Weise mehr erhält.

Wood berechnet den Halbmesser des violetten Hofes =
10″, wenn der Halbmesser des rothen = 1° ist. Ich will
h mit umständlichen Bemerkungen über und gegen diese
eorie nicht aufhalten. Daſs die nicht strenge doppelte Grö-

1 Mem. of the phil. Soc. of Manchester. Vol. III. 1790. p. 336.

ſse des zweiten Hofes in Vergleichung gegen den ersten scho
ein bedeutender Einwurf ist, daſs eine dreimalige Reflexion da
wo drei Farbenfolgen sichtbar sind, statt finden müſste, und daſ
eine so oft wiederholte Reflexion schwerlich noch ein kenntli-
ches Bild geben könnte, und endlich daſs jene Grenze der Strah-
len wohl nicht Grund genug giebt, um einen so sehr deutli-
chen Ring zu erklären, scheint mir sehr gegen diese, nicht oh-
ne Scharfsinn dargestellte Theorie zu zeugen. Ueberdieſs ha
die Fraunhofer'sche Theorie ihre Stütze in den übrigen, vorhi
erwähnten Phänomenen, und die Höfe durch angehauchtes Gl
lassen sich gewiſs nicht aus Wood's Theorie erklären.

Von den gröſseren Höfen, welche in Verbindung mit Nebensonnen und andern Kreisen erscheinen.

Beschreibung der Phänomene.

Die Erscheinungen, welche sich hier zeigen, sind so man-
nigfaltig, daſs schon die Beschreibung derselben, und die Un-
terscheidung dessen, was wesentlich zu dem Phänomene gehört,
und was vielleicht nur durch Zufälligkeiten hervorgeht, Schwie-
rigkeiten hat; — die Erklärung hat noch weit gröſsere, und je-
der einzelne Umstand läſst sich schwerlich schon jetzt völlig er-
klären, jedoch reicht die von Venturi am besten durchgeführ
Erklärung, die ich noch zu vervollständigen mich bemüht ha
schon sehr weit und darf wohl als die der Hauptsache nach ri
tige angesehen werden.

Ich fange mit der Beschreibung des Phänomens an, so w
es erscheint, wenn es am vollkommensten ist, und lege da
Lowitz's[1] Beschreibung des am 29. Juni 1790 in Petersb
beobachteten Phänomens zum Grunde. In dieser Vollkomme
heit sieht man es nur ungemein selten, doch haben von Ho
und Kries in Gotha am 12. Mai 1824[2] und Schult, Ha
steen und Segelke am 27. März 1826 in Norwegen sehr na
hiermit übereinstimmende Erscheinungen gesehen[3], auf die i

1 Nov. Act. Acad. Petrop. Tom. VIII, p. 384.

2 De Zach Cor. astron. X. 533.

3 Hansteens Magaz. for Naturvid. 1826. 1 Hft. S. 154.

ier mit Rücksicht nehmen will, andre Beobachtungen, wo die
scheinung mehr oder minder ausgebildet war, erwähne ich
chher[1].

Bei einer mit Dünsten, gleich einem Nebel, erfüllten At-
osphäre, zeigte sich die in *Petersburg* beobachtete Erschei-
ng fünf Stunden lang von 7½ Uhr bis 12½ Uhr, jedoch nicht
mer gleich vollständig. Die Haupttheile des Phänomens wa-
folgende:

1. Ein Ring von ungefähr 22 Grad Halbmesser, welcher
Sonne umgiebt. Er zeigt an der inneren Seite Roth und an
äuſsern Seite ein ins Bläuliche gehendes Weiſs. Lowitz Fig. 103.
statt dieses gewöhnlich einfachen Kreises zwei sich oben
l unten durchschneidende Kreise b d c e, und die Norwegi-
en Beobachter sahen sogar drei, welches beides ungewöhnlich
Nach Aepinus Beobachtungen kommen die seitwärts lie-
den Bogen, die er als elliptische Bogen ansieht, öfter vor.
Ein Kreis, welcher die Sonne zum Mittelpuncte hatte,
und ebenfalls farbig erschien. Aus andern Beobachtungen
ekannt, daſs dieser Kreis reinere Regenbogenfarben zu zei-
pflegt, als der erstere, und daſs sein Halbmesser doppelt so
s ist, als der des erstern. Das Roth ist auch hier der Sonne
nächsten. 3. Ein weiſser, farbenloser horizontaler Kreis
z f h g c, welcher durch die Sonne geht, und den ganzen
mel umgiebt. 4. Auf diesem standen bei dem Petersbur-
Phänomene fünf Nebensonnen. Zwei derselben x und y
len etwas auſserhalb des kleinern Ringes, statt daſs man sie
ähnlicher in dem Durchschnitte dieses Ringes mit dem Ho-
talkreise sieht; sie waren gefärbt und kehren allemal der
e ihre rothe Seite zu, sie hatten lange glänzende Schweife,
ch nach x ξ, y η auf dem Horizontalkreise fort erstreckten;
rbigen Bogen x i, y k, die Lowitz als von ihm ausgehend
chtete, sind sonst wohl nie gesehen worden. 5. Die
Nebensonne oder Gegensonne h stand auf dem Horizon-
ise der Sonne gerade gegenüber, sie war weiſs und blaſs.
Die vierte und fünfte Nebensonne f und g waren ebenfalls
, und haben sich auch bei allen über sie vorhandenen Be-

Hugenius hat mehrere gesammelt. Opuscula posth. 1703.

obachtungen so gezeigt, sie sind zwar schon ein seltnerer Thei der Erscheinung, aber doch manches Mal gesehen worden, un nach einer ältern Beobachtung scheinen sie da zu stehen, wo ei Kreis um die Sonne, von 90 Grad Halbmesser, jenen Horizon talkreis schneidet. 7. Oben am innern Ringe bei d war ein s lebhafter Glanz, daſs das Auge ihn kaum zu ertragen vermocht Hier, genau vertical oberhalb der Sonne ist auch der gewöhn lich einfache Ring sehr oft viel glänzender, und man sieht hie zuweilen einen gegen die Sonne convexen Bogen, der alsda dem Bogen ganz entsprechend scheint, welchen 8. Lowi in ref am untersten Puncte jenes Ringes sah, und den er sehr hell und breit, aber von kleinerm Halbmesser, als irge einen der andern, beschreibt. 9. Am oberen Puncte z d gröſsern Ringes erschien ein Bogen pzq, der convex gegen Sonne war. Merkwürdig ist, daſs dieser gegen die Sonne co vexe Bogen mit eben den schönen Regenbogenfarben, wie zi ziemlich oft gesehen wird, wenn auch zzz selbst fehlt, daſs aber auch dann senkrecht über der Sonne in derselben Entf nung steht, die der Ring zzz zu haben pflegt. 10. Fer sah Lowitz zwei Kreisbogen hld und hmd, die durch d Gegensonne gingen und die er als durch d, den oberen Pun des innern Ringes gehend, zeichnet. Sie waren weiſs und s blaſs, daſs manche Personen sie nicht erkennen konnten; Lo witz sagt, sie begegneten einander in der blendenden Helle d nahe bei der Sonne; da aber Schult sie als durch die Son selbst gehend zeichnet, so bin ich sehr geneigt, auch bei Lowit Beobachtung anzunehmen, daſs sie sich erst in der Sonne sel durchkreuzt haben würden, wenn das Auge sie deutlich ge hätte verfolgen können, und deswegen stellt die Figur sie a diese Weise dar. So selten diese Kreise sind, so kommen do Spuren von ihnen auch bei andern Beobachtern vor, und n findet die Angabe, daſs sie sich unter Winkeln von 60 Gra durchkreuzen, was mit Lowitz's Zeichnung und den Ang der Norwegischen Beobachter, auch mit von Hoff und and wohl übereinstimmt. 11. Endlich sah Lowitz noch zwei den äuſs Ring berührende Kreise tt, vv, deren Berührungspuncte nach Zeichnung etwa 60 Grade von dem untern Puncte lagen. Sie glic an Farbenglanz und an Breite ganz dem Regenbogen. Auch kommen sehr selten vor; bei den Norwegischen Phänome zeichnet Schult sie in etwas anderer Stellung, ich glaube

ɔnnen, daſs sie ganz mit den von Lowitz beobach- nstimmen.

and das von Lowitz beobachtete Phänomen, wie lusse bemerkt, aus 12 Bogen, unter denen 9 farbige lche sämmtlich das Roth der Sonne zukehrten, und vohl die Behauptung wagen, daſs es wenigstens noch oder Bogen mehr geben könnte, von denen zwei Gelegenheiten wirklich gesehen worden sind.

ese sehr verwickelte Erscheinung, die, wenn man en Beobachtungen durchgeht, noch mehr Mannig- rbietet, zu erklären, will ich mich zuerst zu zeigen daſs man drei verschiedene Classen von Kreisen un- muſs, die allem Anschein nach jede eine eigene ordern; zu diesen kommen noch einige andere Kreise die ich in eine vierte Classe bringen will. Es giebt tlich hier Kreise, die durch die Sonne gehen, zwei- , die eigentlich Höfe um die Sonne heiſsen könn- Centrum die Sonne ist, drittens Kreise oder viel- n, die niemals zu vollkommenen Kreisen werden, Höfe von auſsen berühren. Ueber die vierte Classe zt noch gar nichts sagen, da die dahin zu rechnen- mene zum Theil von zufälligen Umständen abhängen Jm die Erscheinungen, die sich bei jeder einzelnen ıg darbieten, richtig zu übersehen, muſs man sie ıgel aufzeichnen, indem die Zeichnung in einer Ebene nie alle in ihrer richtigen gegenseitigen Lage dar- n; ein solches Auftragen auf die Kugel hat mir einige e gegeben, die ich für neu halte.

den Kreisen, die durch die Sonne gehen, ist der kreis am öftersten zu sehen, und selbst, wenn er zu ıt, um deutlich erkannt zu werden, so deuten doch ein oft sichtbaren Nebensonnen in der Gegend von b Daseyn an. Zuweilen ist mit ihm zugleich ein ver- ch die Sonne gehender Kreis vorhanden, der dann bei der Sonne selbst (oder beim Monde, in dessen die Erscheinung leichter gewahr wird), oder in h, gegenüber, ein aufrechtes weiſses Kreuz hervorbringt. ise hat man schon lange aus zurückgeworfenen Strah- t, und eben so muſs man, glaube ich, die seltner ıden Kreise h l a, h m a, erklären, welche, so viel mir

bekannt, noch nicht erklärt sind. Von diesen ist es merkwürdig, daſs die meisten Zeichnungen ihnen eine Neigung, die man etwa für 60 Grade erkennt, beilegen, und daſs auch wirklich in den Fällen, wo man nur Stücke von ihnen in der Gegend h sah, der Winkel = 60°, bestimmt angegeben wird. Sie sind ebenfalls weiſs, und selbst in den Fällen, wo man sie deutlich erkannte, ungemein blass erschienen, gewöhnlich bemerkt man sie gar nicht. Daſs sie sich nicht in d schneiden, sondern in der Sonne selbst, dafür spricht zuerst die Beobachtung von Lea[1] und von Schult[2], zweitens die Uebereinstimmung mit den übrigen Theilen der Erscheinung, drittens der Umstand, daſs Lowitz in dem hellen Bogen bei d leicht diesen schwachen Schimmer aus den Augen verlieren konnte; er sagt auch in der Beschreibung bloſs, sie hätten sich nahe bei der Sonne durchschnitten, in dem blendenden Glanze bei d.

Ihre Neigung von 60 Graden scheint mir eine wichtige Bestätigung für die Theorie abzugeben, die alles auf Schneekrystalle zurückführt. Ihr farbenloser Glanz, worin sie dem horizontalen, durch die Sonne gehenden Kreise gleichen, läſst auf bloſse Spiegelung, ohne Mitwirkung von Brechung des Lichtes schlieſsen.

Die eigentlichen Höfe oder Ringe, deren Mittelpunct die Sonne ist, scheinen ebenso wieder auf eine gleichmäſsige Weise erklärt werden zu müssen. Der innerste, in 22 Grad Abstand von der Sonne, der zweite in 44 Gr. Abstand von der Sonne sind oft gesehen worden; ein dritter, 90 Grade von der Sonne, ist nur einmal von Hevelius gesehen worden, sehr matt und ohne Farben; aber die Nebensonnen f und g scheinen darauf hinzudeuten, daſs er öfter in sehr schwachem Lichte vorhanden seyn mag, allein nur da kenntlich wird, wo er sich mit dem Lichte des Horizontalkreises vereinigt oder wo er stärkeres Licht darbieten kann. Diese Kreise müssen wohl alle auf eine ähnliche Weise erklärt werden, doch bietet das farbenlose Licht der Nebensonne f, g, dabei eine Schwierigkeit dar.

Am verwickeltsten wird das Phänomen durch die Berührungskreise, die an beiden innern Höfen sich zeigen. Fast immer, wenn man auch nur den einfachen ersten Ring sieht, ſin-

---

1 Poggend. VII. 530.

2 Hansteen's Magazin 1826. I. 154.

det man ihn gerade über der Sonne bei d heller, als weiter her-
ibwärts, und nicht ganz selten zeigt sich hier ein eben solcher
berührender Kreisbogen, wie er in der Zeichnung an dem un-
tern Puncte dieses Hofes bei e ist. Und ebenso, vertical über
ler Sonne, findet man einen berührenden Bogen am zwei-
en Ringe. Diese berührenden Bogen haben eben die Far-
en, wie die von ihnen berührten Höfe und zwar auch, so
vie diese, das Roth der Sonne am nächsten. Daſs sie alle durch
inerlei Mittel hervorgebracht werden, ist offenbar. Viele Be-
chreibungen geben das Zenith als Mittelpunct von p z q an,
ber dieses ist wohl nur zufällig, und leitet irre, da offenbar
es ebenso entstehen muſs, und gewiſs nicht seinen Mittel-
unct im Zenith hat.

Aber ganz diesen Berührungskreisen ähnlich scheinen mir
m auch die Bogen t t und v v, ja vermuthlich auch x i, y k
t entstehen. Es ist nämlich höchst merkwürdig, daſs die Bo-
n t t, v v, ihre Berührungspuncte gerade um 60 Grade vom
ſsten Puncte des zweiten Ringes entfernt hatten, und daſs sie
o, wenn wir unsere, nach Lowitz dargestellte Zeichnung
f eine Kugelfläche auftragen, genau eben die Lage gegen h l a,
m a haben, welche ein im tiefſten Puncte an den zweiten Ring
rührender Kreis gegen h f z a g h, haben würde. Die unter
) Grad gegen einander geneigten Theile der Schneekrystalle
üssen uns also ebenso zu der Erklärung dieser Kreisbogen
is der für p z q zu findenden leiten, wie sie h l a, h m a auf die
klärung des Horizontalkreises zurückführen.

Aber auch die Bogen x i, y k, scheinen mir am innern
nge ganz eben das zu seyn. Lowitz zeichnet sie freilich
hr als bei i, k, schneidend, aber da k und i gerade auch 60
ade vom untern Puncte liegen und die Form des nicht sehr
gen Bogens wohl nicht so strenge erkannt werden konnte,
hege ich die Vermuthung, daſs auch sie zu den Berührungs-
isen gehörten. Das Verschwinden der Nebensonnen x, y,
hält einen Grund für diese Vermuthung.

Einen Einwurf gegen diese Zusammenordnung scheint die
bachtung von Schult zu enthalten. Die so selten vorkom-
nden, nicht in den höchsten und tiefſten Puncten der Höfe
ührenden Kreise sind hier, als den weiſsen Horizontalkreis
auſsen berührend, gezeichnet, und man geräth zuerst in
eifel, ob dieses nicht ein ganz neuer Theil des Phänomens

sey. Aber wenn man für 32 Grade Sonnenhöhe das ganze Phä-
nomen auf die Kugel zeichnet, so sieht man, daſs der Kreis,
welcher 90 Grade von der Sonne den Horizontalkreis berührte,
ganz wohl eben derselbe seyn konnte, welcher 60 Grade vom
niedrigsten Puncte den zweiten Ring berührte, und da Schul
den zweiten Ring damals gar nicht erkannte, so konnte er i
seiner Zeichnung das nicht andeuten, was ohne Zweifel stat
gefunden hätte, wenn nicht der zweite Ring zufällig so schwac
an Licht gewesen wäre, nämlich eine gleichzeitige Berührun
beider Kreise.

Diese Uebersicht giebt, wie ich hoffe, wenigstens ein
etwas klarere Anleitung zu Feststellung derjenigen Puncte, di
bei der Erklärung müssen ins Auge gefaſst werden.

Meinungen über die Ursache dieser Erscheinungen.

Cartesius schreibt den Eissternchen, die in den Wolke
vorhanden sind, die Entstehung der Höfe und Nebensonnen zu
Diese Sternchen sind in der Mitte dicker als an den Seiten, und
je dicker sie sind, desto gröſser zeigt sich der Durchmesser der
Höfe. Der Brechung des auf sie fallenden Lichtes schreibt er
die Entstehung der leuchtenden Kreise zu, giebt aber keinen
Grund an, warum gerade von einer bestimmten Gegend Strah-
len genug zu uns gelangen. Nachher nimmt er eine kugelför-
mige Wolke an, die von einem warmen Südwinde und kalten
Nordwinde, welche zugleich wehen, gebildet wird, an deren
Südseite die zerschmelzenden und wieder gefrierenden Schnee-
theilchen gleichsam einen Ring aus ununterbrochenem durchsich-
tigem Eise hervorbringen, der gegen die Sonnenseite dicker ist.
„*Quibus positis facile intelligitur*," (allerdings, wenn man
Hypothesen annimmt, die ganz unglaublich sind, so erhellt
endlich leicht!), daſs die dieses Eis erhellenden Sonnenstrahlen
auf den Schnee der Wolke zurückspringen und uns diese
einen groſsen weiſsen Kreis zeigen. Wie da die einzelnen Ne-
bensonnen entstehen, will ich hier nicht weiter angeben. Um
die Ringe um die Sonne zu erklären, bedarf er auſser dem un-
unterbrochenen Eise noch kleinerer Eisstücke, die oberhalb und
unterhalb vorkommen. Daſs die Nebensonnen im Durchschnitts-
puncte des Hofes und Horizontalkreises lagen, sey nur zufällig

so beobachtet worden, Beobachter an etwas entfernteren Orten hätten es gewiſs nicht so gesehn[1].

Huygens gab[2] eine unstreitig weit bessere Theorie der Höfe und Nebensonnen an, die selbst Newton mit Beifall anführt. Da sich innerhalb des innern Hofes der Himmel etwas dunkler zeigt, so glaubte er annehmen zu müssen, die dort liegenden Körper lieſsen das Licht nicht so gut durch, und dieses brachte ihn zu der Ueberzeugung, es müſsten solche Höfe entstehen, wenn runde Körper innen aus einem minder durchsichtigen Schneekerne bestehend, auſsen mit Wasser umgeben, sich in der Luft befänden. Diese möchten wohl klein, wie Rübsaamen, seyn, und könnten dann leicht in der Luft schwebend erhalten werden: hier läſst sich nun allerdings leicht zeigen, daſs bei bestimmtem Verhältnisse der Halbmesser des undurchsichtigen Kerns und der durchsichtigen Schicht, Höfe von bestimmter Gröſse erscheinen müſsten. Hugenius findet nach den sogleich zu erwähnenden geometrischen Gründen, daſs der Durchmesser der innern Kugel =0,48 des ganzen Durchmessers seyn müsse, um einen Hof von 22,5 Graden Halbmesser, und =0,68 um einen Hof von 45 Gr. Halbmesser hervorzubringen. Was die Nebensonnen betrifft, so legt er dabei das von ihm und Cartesius unter dem Namen des römischen Phänomens beschriebene Phänomen der Nebensonnen zum Grunde, wo die beiden concentrischen Ringe um die Sonne, der durch die Sonne gehende Horizontalkreis und auf diesem vier Nebensonnen, zwei in 22 bis 23 Gr. Entfernung von der Sonne, zwei weiter weit von der Sonne (die mit f, g, bezeichneten), beobachtet waren. Die längliche Form der Schneenadeln, die man oft wahrnimmt, veranlaſste ihn, zur Erklärung des weiſsen Horizontalkreises Eiscylinder anzunehmen, die, mit ihrer Axe vertical schwebend, das Sonnenlicht, wie verticale Spiegel zurückwerfen, und einen hellen horizontalen Ring darstellen. Auch diese Cylinder haben, glaubt er, um die Axe herum einen undurchsichtigen Kern, der durch Aufthauen an der Sonne mit einer durchsichtigen Wasserschicht umgeben ist, oder auch, wenn

1 Cartesii meteora. Cap. IX. §. 4 und Cap. X.

2 Dissertatio de coronis et parheliis in d. opusc. posth. Lug. Bat. 1703.

dieses den schneeigen Kern umgebende Wasser wieder gefriert, eine durchsichtige Eishülle erhält; und durch die Brechung in dieser durchsichtigen Hülle kommen Lichtstrahlen aus einem gewissen Abstande von der Sonne zum Auge, wodurch sich dann die zwei der Sonne nächsten Nebensonnen darstellen. Hugenius berechnet regelmäſsig, wo diese Nebensonnen stehen müssen, wenn das Verhältniſs der Halbmesser des undurchsichtigen Cylinders und der durchsichtigen Schicht ein gegebenes ist, und wie die Entfernung von der Sonne mit der Höhe der Sonne über dem Horizonte zunimmt, und findet allerdings viel Uebereinstimmung mit den Beobachtungen. Eine Schwierigkeit findet Huygens in der Frage, warum denn der innere Ring um die Sonne allemal durch die Nebensonne gehe. Diese Schwierigkeit hätte er vielleicht ganz als unbedeutend angesehn, wenn er gewuſst hätte, was spätere Beobachtungen ergeben, daſs die Nebensonnen wirklich auſserhalb des Ringes erscheinen können; aber er giebt einen nicht unpassenden Grund an, warum der Ring sich in eben dem Maſse vergröſsere, wie bei zunehmender Sonnenhöhe der Abstand der Nebensonnen von der wahren Sonne zunimmt. Da man nämlich sehr natürlich auf den Gedanken geräth, daſs die Cylinder sich in eine sphärisch gerundete Fläche, statt der ebnen Grundfläche endigen müssen, so läſst sich leicht übersehn, daſs die mit einer solchen Hülle umgebenen undurchsichtigen Cylinder, selbst wenn sie vertical schweben, da, wo sie uns oberhalb der Sonne erscheinen, durch ihren obern kugelförmigen Theil, da, wo sie uns unterhalb der Sonne liegen, durch ihren untern kugelförmigen Theil uns die Lichtstrahlen ebenso zusenden, wie es kugelförmige Körner thun würden, und daſs die horizontal neben der Sonne liegenden uns das Licht nach den für den Cylinder ausgerechneten Gesetzen zusenden; die Gegend des am Ende zugerundeten Cylinders aber, welcher den Uebergang von der cylindrischen Fläche zur sphärischen bildet, muſs offenbar geeignet seyn die nach der horizontalen Richtung etwas ausgedehnte Form des Ringes hervorzubringen. — Man übersieht, daſs sich auf diese Weise sogar ein doppelter erster Hof erklärt, der nach Aepinus Bemerkung so oft vorkommt[1], nämlich ein kreisförmiger in etwa 22 Gr. Abstand von der Sonne, und ein elliptischer,

---

1 Nov. Comm. acad. Petrop. VIII. 392.

r jenen oben und unten berührt, aber in horizontaler Rich-
ıg sich weiter, nämlich bis dahin ausdehnt, wo die Neben-
ıne erscheint. Die beiden Nebensonnen endlich, die man
veilen um mehr als 90 Grade von der Sonne entfernt sieht,
lärt Hugenius ganz nach der Theorie des Regenbogens. Auch
den Cylindern kann, wenn auch der undurchsichtige Theil
zuweilen hindert, ein zuerst gebrochen eintretender Licht-
ıhl an der Stelle, wo er austreten sollte, reflectirt und dann
n Auge hin gebrochen werden, und eben die Regeln, nach
chen der Halbmesser des Regenbogens berechnet wird, kom-
n auch hier zur Berechnung des Abstands der Nebensonne
ı der Sonne in Anwendung. Dieser Abstand wächst mit der
ınenhöhe kann aber nie, selbst wenn die Sonne im Hori-
te steht, weniger als 138 Grade betragen. Dieser Abstand
nun allerdings zu groſs; aber Hugenius, der nur wenige
bachtungen vor sich hatte, beruhigte sich mit der Auskunft,
ı die Distanz wohl nicht genau genug beobachtet sey. Auch
zweiten Umstand, worin diese Erklärung von der Beobach-
; abweicht, bemerkt er, nämlich, daſs diese Nebensonne
ıg erscheinen sollte, in der Beobachtung jedoch als weiſs
geben werde; aber auch hier begnügt er sich, dieses aus
Schwäche ihres Lichtes zu erklären, welche nicht gestatte,
Farben zu unterscheiden. Er führt dabei auch eine alte Be-
chtung an, die eben diese Nebensonne roth angebe; aber die
ern Beobachtungen geben ihnen sämmtlich einen weiſsen
ız.

Die convexen Bogen, welche die Höfe in ihren höchsten
cten berühren, glaubt Hugenius aus horizontal schwebenden
ndern erklären zu können. So wie nämlich für einen nie-
ın Stand der Sonne die verticalen Cylinder genau in der
ernung, welche dem Halbmesser des einen oder andern
es gemäſs ist, Nebensonnen hervorbringen, so bringen auch
ıorizontalen Cylinder, wenn sie ihre Axen senkrecht gegen
Sonnenstrahl haben, genau ebenso Nebensonnen vertical
oder unter der Sonne hervor. Schweben aber horizon-
Cylinder etwas von der durch die Sonne gehenden Vertical-
ıe entfernt, so zeigen sich Farbenbilder in ihnen, die wei-
on der Sonne abstehen, und diese sind es, die, an einander
het, jene Bogen bilden. Huygens hat mit der schönen
ıematischen Vollständigkeit, die ihm überall eigen ist, die

Bogen untersucht, die so entstehen müssen, und findet, daſs nur nahe um den Berührungspunct Kreisbogen ähnlich s können, die ihre convexe Seite gegen die Sonne kehren, : die allerdings statt findende Unvollkommenheit der Beob: tungen läſst ihn ungewiſs, ob dieses Resultat der Theorie n etwa nur darum den Beobachtern entgangen sey, weil die ferntern Theile dieser Bogen matter erscheinen.

Diese Erklärung ist so vollständig, daſs man es den I sikern nicht verdenken kann, daſs sie lange Zeit sie als die r tige ansahen, und darüber den sehr passenden Gedanken riotte's, daſs es Prismen wären, die hier das Licht brec ganz in Vergessenheit kommen lieſsen. Doch ehe ich von ser Erklärung des Mariotte rede, will ich die wicht Einwürfe gegen Huygens's Theorie und Mayer's ganz ähn Erklärung angeben.

Die Einwürfe sind von doppelter Art. Erstlich hat es oft bezweifelt, daſs Eispartikelchen in der Luft wären, der Zeit, da die gröſsern Höfe sich zeigen; denn da man auch im Sommer selbst in unsern Gegenden sieht, und da ei der schönsten und vollkommensten Erscheinungen sich im S mer bei hohem Stande der Sonne gezeigt haben, so schien nicht glaublich, daſs Eis hier mitwirke, wenn gleich sich n leugnen lieſs, daſs die Nebensonnen besonders den nördli Gegenden eigen sind. Aber da alle Versuche, aus bloſsen I sten, denen man doch die Kugelform beilegen müſste, die scheinungen zu erklären, fehlgeschlagen sind, so hat man immer wieder genöthigt gesehn, auf Eisnadeln zurückzuk men. Zweitens ist es allerdings ein wichtiger Einwurf g Hugenius, daſs nach seiner Theorie das Verhältniſs zwis dem Durchmesser des undurchsichtigen Kernes und dem Du messer der Wasserhülle oder der durchsichtigen Eishülle immer gleiches seyn muſs. Mag auch, wie die Beobachtu allenfalls es anzunehmen gestatten, der Halbmesser des e: Hofes von 21 bis 24 Graden variiren, so geht er doch dar gewiſs nie hinaus, und es müſste gewöhnlich zwei Arten cher Cylinder oder Kugeln geben, um die zwei Höfe zu bil und auſserdem keine mit mehr oder weniger durchsichtigem V ser oder Eise umgebene Körper. Die Gröſse der Halbm beider Ringe, die doch sehr nahe in immer gleicher Gröſse derkehren, erscheint hier ganz als zufällig, was sie gewiſs nich

Um dem Einwurfe, daſs die Höfe so oft an warmen Tagen
rscheinen, zu begegnen, führte Mayer eine der Huygens'-
hen in geometrischer Hinsicht sehr ähnliche. Theorie aus, die
doch von jener sich dadurch unterscheidet, daſs sie mit der
icht unwahrscheinlichen Bemerkung anfängt, daſs wohl die
Dünste, die wir uns als inwendig hohle Wasserkugeln zu den-
en pflegen, diese in der Mitte minder durchsichtige Kugeln
eyn könnten. Allerdings ist es andern Erfahrungen gemäſs,
nzunehmen, daſs der Lichtstrahl da die Wasserkugel leichter
nd ungeschwächter durchdringe, wo er, in die Wasserhülle
indringend, nicht durch den inneren, leeren Raum zu gehen
raucht; denn ein Strahl, der in die Wasserhülle eintritt, dann
n den hohlen Raum, wieder in die Wasserhülle und endlich
n die Luft gelangt, erleidet vier Zurückwerfungen, statt daſs
er bloſs die Wasserhülle durchlaufende Strahl nur durch zwei
urückwerfungen geschwächt wird.

Aber wenn solche in der Mitte minder durchsichtige oder
anz undurchsichtige Kugeln vor der Sonne schweben und l m den
ndurchsichtigen Theil bedeutet, so sieht ein Auge B welches Fig. 104.
nter dem Brennpuncte A steht, die Sonne, welche wir hier
ls einen Punct ansehn, nicht; denn alle neben dem undurch-
ichtigen Kerne vorbeigehenden Strahlen, wie S a b A C ge-
angen nicht nach B. Ein Auge in c dagegen würde, vermöge
er in a einfallenden, in b ausfallenden Strahlen, Sonnenlicht
on der Richtung b c her empfangen, oder in dieser Richtung
n schwaches Sonnenbild sehn. Da alle durch die durchsichtigen
chichten gehenden Strahlen auf den zwischen C und D liegen-
en Raum fallen, C also die beiden äuſsersten Strahlen aus den
eben einander liegenden Kugeln a d e b, a' d' e' b', empfängt,
venn e' C mit e D parallel ist, so stellt e' C n die Breite des
ach C Licht sendenden Raumes, dagegen b C S' den scheinbaren
bstand des innern Randes vom leuchtenden Puncte, vor.

Daſs das so eben in Beziehung auf Kugeln, die nach einer
eite liegen, Gesagte, Anwendung auf alle Richtungen rund
n den leuchtenden Punct findet, daſs also ein heller Ring,
essen scheinbarer Halbmesser = S' C b' ist, um den leuchten-
en Körper entsteht, ist klar. Ebenso einleuchtend ist es, daſs
r blaues Licht der Brennpunct A der Kugel näher liegt, also
er blaue Ring entfernter von der Sonne erscheinen muſs, als
er rothe; und dieses ist der Erfahrung gemäſs. Aber auch

das ist klar, daſs wenn auch der leuchtende Körper fast w ein Punct erschiene, dennoch diese Ringe, wenn sie aus w ſsem Lichte entstände, keine reinen Farben zeigen könn daſs zwar das äuſserste Roth am einen, das äuſserste Vi am andern Rande hervortreten, in der Mitte aber alle Far sich vermischen würden, und dieses desto mehr, je dicker durchsichtige Hülle ist.

Hieran knüpft sich eine andere Betrachtung. Wenn Strahl S a so auffällt, daſs er um den Bogen $ag = \varphi$ von d durch den Mittelpunct gehenden Strahle entfernt ist, so d er, wenn m das Brechungsverhältniſs ausdrückt, so ein, Sin. G a b = m. Sin. φ ist, und weil beim Ausfallen G b Gab, und $\text{Sin. } Gbc = \frac{1}{m} \text{ Sin. } Gab = \text{Sin. } \varphi$, Gbc = 18 — φ ist, so ist $S'' cb = \psi = GAb = \varphi - AGb = \varphi$ $(2 . Gab - \varphi) = 2 \; (\varphi - Gab)$. Dieser Winkel wird die Brechung im Wasser, wenn $\varphi = 45°$ ist, für vio Strahlen = $26\frac{1}{4}$ Gr., für rothe Strahlen = $25\frac{7}{8}$ Gr. und so von der Sonne würde, wie Newton und Mayer an eine Wasserkugel den hellsten Glanz zeigen; m müſste = seyn, wenn jener Abstand = $22\frac{1}{2}$ Gr. betragen sollte. D diese Abweichung von der Erfahrung ist nicht die wi sondern als viel wichtigerer Einwurf steht dieser Mayer's Theorie das entgegen, daſs der Ring nicht so deutlich vor zend vor dem innern Raume sich zeigen könnte, wenn der innere Theil der Kugel undurchsichtig wäre, und daſs zu Darstellung immer gleicher Höfe nöthige Verhältniſs Dicke der Wasserschicht zum Halbmesser der Kugel viell bei Dunstbläschen so statt finden könnte, wie es, um Ring darzustellen, nöthig ist, aber doch schwerlich in verschiedenen Arten von Dunstbläschen so, daſs es zwei von einander entfernte Ringe hervorbringen könnte[1].

---

1 In Beziehung auf die Berechnung jenes Winkels von 26 den muſs ich noch eine Bemerkung beifügen. Den Grund, w für $\varphi = 45°$ das Licht stärker als für jeden andern Werth ge werde, setzt Mayer, der hierin Newton folgt, darin, daſs e die Menge des auf den Bogen a d fallenden Lichtes dem Cosinu Winkels φ proportional ist, zweitens aber die Zerstreuung der St len dem Sin. φ. proportional sey; darnach sey für das Auge die Intensität des Lichtes dem Producte Sin. φ. Cos. φ. proporti

Mayer fügt noch eine Erklärung derjenigen Höfe hinzu, welche das Roth auſsen haben, und glaubt, daſs sie aus Strahlen entstehen, die im Innern zweimal reflectirt werden; aber diese Meinung, daſs ein so sehr geschwächtes Licht hinreiche, uns solche Höfe zu zeigen, läſst sich wohl nicht gut annehmen.

Um hier sogleich die Bemühungen derer an einander zu reihen, welche in den Dunstbläschen eine Erklärung zu finden hofften, müſste ich eine von mir früher angestellte Untersuchung anführen, welche Brechungskraft das Fluidum im innern Raume der Dunstkugel besitzen müſste, um nach eben den Gesetzen, wie der Wassertropfen beim Regenbogen, einen farbigen Kreis von dem Halbmesser des innern Hofes hervorzubringen [1], aber

---

also für $\varphi = 45^\circ$ am gröſsesten. Hiergegen scheint mir ein Haupteinwurf der zu seyn, daſs darnach für die bei g einfallenden Strahlen die Intensität $= 0$ würde, selbst wenn die Kugel durchsichtig ist.

Um jene Betrachtung, ob irgendwo das Licht am stärksten werde, genau anzustellen, müſste man, dünkt mich, fragen: Wenn allemal ein gleicher Theil $= d\varphi$ des Kreises gdb dem auffallenden Lichte bloſs gestellt, der übrige aber verdeckt wäre, wie groſs würde dann die Erleuchtung in B, wenn $g\gamma$ dem Lichte offen ist, und die in D, wenn ad dem Lichte offen ist. Es läſst sich leicht übersehen, Fig. 105.
daſs für eine Wasserkugel $\delta\varepsilon = \frac{1}{2}\, g\gamma$, also $B\beta = \frac{1}{2}.\gamma g.\ \frac{AB}{A\delta}$, oder da $A\delta = \frac{1}{2}\, r$, und $\frac{g\gamma}{r} = d\varphi$ ist, $B\beta = AB.\ d\varphi$, also die Erleuchtung in $B\beta = \frac{r}{AB}$, wenn in $g\gamma$ auf dem Bogen $r\,d\varphi$ die Erleuchtung $= 1$ ist. Wenn man nun nach dem Vorigen $SAb = 2\varphi - 2\sigma$ findet und für Wasser $\text{Sin.}\ \sigma = \frac{3}{4}\ \text{Sin.}\ \varphi$ setzt, so wäre $CAD = d.\ SAb = 2.\ d\varphi - 2.\ d\sigma$ und

$$CD = AB.\ d.\ \text{Tang.}\ SAb.$$
$$= AB.\ d.\ \text{Tang.}\ (2\varphi - 2\sigma),$$

so, da auf ad nur die Lichtmenge $r\,d\varphi\ \text{Cos.}\ \varphi$ fällt, die Intensität der Erleuchtung $= \frac{r\ \text{Cos.}\ \varphi.\ d\varphi}{CD}$

$$= \frac{r\,d\varphi\ \text{Cos.}\ \varphi}{AB.\ d.\ \text{Tang.}\ (2\varphi - 2\sigma)}$$

$$= \frac{r}{AB}\cdot\frac{\text{Cos.}\ \varphi\ .\ \text{Cos.}^2\ (2\varphi - 2\sigma)}{2 - \frac{3}{2}\cdot\frac{\text{Cos.}\ \varphi}{\text{Cos.}\ \sigma}}.$$

Dieses giebt für $\varphi = 45^\circ$, $\sigma = 32^\circ\ 1'\ 40''$; $2\varphi - 2\sigma = 25^\circ$ [illegible]$'\ 40''$ jenen Werth $= \frac{r}{AB}.\ 0{,}7634$; kleiner als für $\varphi = 0$.

1 Gilb. XI. 414.

da ich nachher eine bessere Erklärung zu geben hoffe, so wär
es überflüssig, dabei zu verweilen. Dagegen muſs ich doc
Fraunhofer's Beurtheilung mehrerer allenfalls möglich schei
nender Erklärungs-Arten anführen. Darunter hat folgend
wenn gleich auch sie sich als unrichtig zeigt, doch viel Schein
bares.

Fraunhofer bemerkt, daſs diejenigen Strahlen, welch
bei einem hohlen Wasserkügelchen an der innern Oberfläc
der dünnen Wasserschicht theilweise zurückgeworfen werde
eben nichts merkwürdiges darbieten; aber der Fall, da der Stra
wegen zu bedeutender Gröſse des Einfallswinkels gar nicht me
in das dünnere Medium der innern Höhlung eintrete, schein
mehr Aufmerksamkeit zu verdienen. Die Betrachtung über di
sen Fall, die mit Wood's Betrachtungen über die kleinern H
einige Aehnlichkeit hat, mag als letzter Versuch, ob sich d
Höfe aus bloſsen Dunstbläschen erklären lassen, hier stehen.

Fig. 106. Es sey $C\alpha = r$, der äuſsere, $CF = \varrho$ der innere Hal
messer der hohlen Wasserkugel. Ein Lichtstrahl Sa falle
auf, daſs der Einfallswinkel $\alpha Ca = \varphi$ ist; er werde nach a
gebrochen und es sey $\text{Sin. } Cab = m \text{ Sin. } \varphi$. Da $Ca = r$,

$Cb = \varrho$, so ist $\text{Sin. } Cba = \frac{mr.\text{Sin. }\varphi}{\varrho}$, und für den gebrochene

Strahl $\text{Sin. } Cbc = \frac{1}{m} \cdot \frac{mr\text{Sin. }\varphi}{\varrho} = \frac{r}{\varrho} \text{ Sin. } \varphi$. Bekanntli

kann aber der Strahl bei b nicht in das dünnere Medi

übergehen, wenn $\frac{r}{\varrho}$ Sin. φ gröſser als 1 ist, sondern dann ge

die Brechung in gänzliche Zurückwerfung über, und $\text{Sin. } \varphi =$

$\frac{\varrho}{r}$ ist die Grenze, wo diese einzutreten anfängt. Da also

$\text{Sin. } Cba = m$ und der zurückgeworfene und dann gebroche
Strahl dO macht mit aS einen Winkel, welcher doppelt
groſs ist, als der, welchen Sa mit Cb macht, oder ist =
$2. S'Cb = 2(\varphi + 180^\circ - Cab - Cba)$. Da hier m ungef

$\frac{3}{4}$ ist, so würde $\frac{\varrho}{r}$ ungefähr zwischen 0,98 und 0,97 liegen m

sen, damit das so entstehende Sonnenbild 22 Grade von d
Sonne entfernt erscheine; das violette Sonnenbild würde ung
fähr $\frac{1}{4}$ Grad vom rothen entfernt liegen, oder der rothe Ri

ı soviel der Sonne näher seyn. Dieses würde der Beobach-
ıg der Höfe entsprechen; aber die Höfe sind gerade an ihrer
ıern Seite mit einem sehr scharfkenntlichen Rande abgeschnit-
ı und der weiter gegen die Sonne liegende Raum ist dunkler,
tt daſs die Zurückwerfung der Strahlen auf die eben betrach-
e Weise einen solchen dunkeln Raum nicht giebt. Denn
ht bloſs die unter dem eben berechneten Winkel einfallenden
ahlen werden reflectirt, sondern alle die, bei welchen φ
en noch gröſsern Werth hat, und diese gelangen in Richtun-
ı zum Auge, die noch weniger von der Richtung gegen die
ıne zu entfernt sind.

Die Vermuthnng, daſs vielleicht andere Strahlen, zum Bei-
el die, welche unter einem andern Winkel auffallend, den
ern hohlen Raum durchdringen, und an der Rückseite zu-
kgeworfen werden, irgend einen lebhafter glänzenden Ring
vorbringen könnten, läſst sich auch nicht gebrauchen, da
h für sie kein Maximum statt findet, und daher der auf ein-
l eintretende Unterschied der Lichtstärke, wodurch der in-
e Rand des Ringes sich so deutlich von der umschlossenen
ern Fläche verschieden zeigt, gar nicht erklärt werden kann.
So scheint also kein Mittel übrig zu bleiben, um die Höfe,
lche die Sonne zu ihrem Mittelpuncte haben, aus den bläs-
nförmigen Dünsten zu erklären, und da Wasserkugeln eben
wenig zur Erklärung der mannigfaltigen Phänomene führen
nen, so sind wir genöthigt, wieder zu der Betrachtung der
nadeln zurück zu kehren.

In Beziehung auf diese hat schon Mariotte einen sehr
:klichen Gedanken gehabt, der nur deswegen weniger be-
tet worden ist, weil Hugenius durch seine, mit so groſsem
arfsinne durchgeführte Theorie, die in einigen auffallenden
ksichten genau mit der Erfahrung übereinstimmte, die Mei-
ıgen der Physiker für sich gewann, und dagegen die weni-
durchgeführte Theorie des Mariotte nicht so sorgfältig ge-
ft wurde, als sie verdiente. Mariotte bemerkte nämlich [1],
ı die sternförmigen Schneeflocken aus dreiseitigen, gleichsei-
n Prismen zusammengesetzt wären; er betrachtete die beim
fe sich anhängenden Nadeln mit dem Mikroskope und fand

---

1 Traité des couleurs in d. Oeuvres I. 272. Cassini erklärte
ı für diese Theorie Mém. de Paris X. 234.

an ihnen drei gleiche Facetten; er nahm daher an, daſs solch in der Luft schwebende Eisprismen das Phänomen der Höf hervorbrächten, und fand mit Recht in dem Halbmesser dies Höfe eine Bestätigung dieser Meinung, indem er zeigte, daſs es auch unter den verschiedenen Stellungen des gegen den Sonnenstrahl senkrechten Prisma's nur *eine* gebe, bei welcher di parallel einfallenden Strahlen auch wieder parallel ausfallen, oder wo die Zerstreuung derselben so wenig betrage, daſs die Strahlen als wirksame Strahlen anzusehen sind. Da nun die wirksamen Strahlen bei dem Durchgange durch ein Eispris oder Wasserprisma gerade so gebrochen werden, daſs sie m dem ungebrochenen Sonnenstrahle einen Winkel von bein 23° machen, welches dem so oft beobachteten Halbmesser d ersten Ringes fast genau gleich ist, so schlieſst er sehr richti daſs man hierin eine Erklärung der Erscheinung dieses Ri ges finde.

Eben diesen Gedanken, daſs die Brechung in dreiseitig Eisnadeln die Höfe und Nebensonnen hervorbringe, hat Veturi vollständiger ausgeführt, und einen groſsen Theil der Er scheinungen daraus sehr glücklich erklärt[1]. Auf seine Th komme ich nachher zurück.

Fraunhofer hat[2], ohne, wie es scheint, Venturi's Ar beit zu kennen, ebenfalls den Gedanken, daſs Eisprismen diese Phänomene hervorbringen könnten, verfolgt und seine Anwen barkeit gezeigt. Er bleibt aber nicht mit der Einfachheit u Gleichmäſsigkeit bei diesen Prismen stehen, wie Venturi, son dern, während er den ersten Ring oder Hof um die Sonne g so, wie Venturi erklärt, leitet er für den groſsen durch di Sonne gehenden Horizontalkreis die Erklärung aus der Beug des Lichtes her. Wenn man, sagt er, eine Glastafel mit ni zu weichem Fette so bestreicht, daſs man immer nach dem ben Richtung streicht, so erhält man auf dem Glase ziemli genau parallele, mit Fett bedeckte Linien, zwischen denen d Glas frei von Fett ist; diese Linien sind in ungleichen Entfer nungen von einander und zeigen daher, beim Durchlassen d Lichtes die Phänomene, die sich bei Gittern deren Zwisch

---

1 Commentarj sopra la storia e le teorie dell' ottica. Tom. Bologna. 1814.

2 Schumacher's astronom. Abh. 3 Hft. S. 73.

äume ungleich sind, darstellen. Die Farbenspectra, die man ei Gittern, welche aus parallelen gleich weit von einander ent- mten Fäden bestehen, erhält, sind desto gröſser und desto eiter von dem leuchtenden Körper entfernt, je kleiner die Ent- rnung der Mitte je zweier der Fäden ist, woraus sie bestehen. ind diese Entfernungen nun ungleich, so fallen die ungleichen arben der verschiedenen Spectra auf einander, und man sieht, att der Farbenfolge nur einen lichten Streif von weiſser Farbe. iesen Streif sieht man daher auch, wenn man durch jenes mit ttlinien überzogene Glas nach einem Lichte sieht, und zwar t die Richtung des nach beiden Seiten gehenden Lichtstreifens rizontal, wenn jene Fettlinien die verticale Richtung haben. AUNHOFER sucht nun nachzuweisen, daſs die in der Luft hwebenden Körperchen, Eispartikeln zum Beispiel, ungefähr erscheinen müssen, als lägen sie in verticalen Linien, und nn das der Fall ist, so könnte also durch das von ihnen ichsam dargestellte Gitter jener horizontale Lichtkreis erschei- n. Dieser Erklärung glaube ich meine Zustimmung nicht ge- n zu können; denn erstlich bleibt mir der Grund, warum sie den horizontal zu uns kommenden Strahl ungefähr so liegen, lägen sie in verticalen Linien, dunkel. Zweitens scheint n diese Erklärung auch für den verticalen Lichtstreifen, den n zuweilen beobachtet, gelten zu sollen, aber FRAUNHOFER lbst scheint zuzugeben, wenn das Phänomen nach verticaler chtung statt finde, könne es nicht zugleich in horizontaler chtung bemerkt werden [1], und doch hat man nicht selten den ticalen Lichtstreifen mit dem horizontalen zugleich gesehen; tens giebt die Venturi'sche Erklärung mit der Vervollständi- g, die ich ihr hinzufügen werde, Aufschluſs auch über die ern durch die Sonne gehenden weiſsen Kreise. Die hori- tal neben der Sonne in 22 Graden Entfernung stehenden Ne- sonnen mit ihren Schweifen, erklärt FRAUNHOFER aus der chung in Eisprismen fast so wie VENTURI.

Den zweiten Hof erklärt FRAUNHOFER mit Hülfe der End- zen, die man wohl mit Recht jenen Eisprismen beilegen muſs. en sich nämlich aus den dreiseitigen Prismen durch Zusam- setzung sechseckige gebildet, und endigen diese sich in sseitige Pyramiden, deren an der Spitze einander gegen

---

1 S. 81. unten.

über liegende Seitenflächen einen Winkel von 88 Graden mit einander bilden, so geben die durch solche zwei Seitenflächen eindringenden und ausfahrenden Lichtstrahlen einen Ring von 45 Graden Halbmesser. Wegen der Kleinheit der Flächen dieser Pyramiden ist dieser zweite Ring schwächer als der erste, und das um so mehr, da auch bei gröſserem Brechungswinkel die Intensität des Lichtes geringer ist. Diese Betrachtung, die aus dem Folgenden noch deutlicher wird, ist ganz richtig, indeſs scheinen doch in den dreiseitigen Prismen selbst noch Strahlen hervorzugehen, die zur Bildung dieses Ringes mitwirken.

Wie Fraunhofer sich die Entstehung der Berührungskreise erklärt, will ich später da anführen, wo ich von diesen reden werde, weil allerdings einige Verstärkung derselben wohl auf diese Weise hervorgehen kann, obgleich es mir nicht scheint, daſs allein aus dem, was Fraunhofer angiebt, ein so lebhafter Farbenbogen entstehen könnte.

Erklärung der Erscheinungen.

Da die ganze folgende Theorie dieser Phänomene auf der Voraussetzung beruht, daſs zu der Zeit, wo man sie beobachtet, prismatische Eisnadeln in der Luft schweben, so muſs ich bei der Frage nach der Wahrscheinlichkeit dieser Behauptung etwas länger verweilen.

Man hat schon seit alter Zeit die Bemerkung gemacht, daſs diese Phänomene sich im Winter und in kalten Gegenden am häufigsten zeigen, und hierin einen Grund gefunden, sie den in der Luft schwebenden Eistheilchen zuzuschreiben. Diese Eistheilchen sind im Winter selbst bei heiterm Himmel vorhanden, und Venturi führt aus Marten's Reise[1] an, daſs zuweilen ein Reif in Form kleiner Schneenadeln ins Meer fiel, und daſs man diese am besten dann gewahr wurde, wenn die Sonnenstrahlen neben einem schattigen Orte vorbeigingen, indem diese Eispartikeln dann, wie Brillanten glänzend, sich deutlich wahrnehmen lieſsen, so wie wir ja auch die Sonnenstäubchen zuweilen das Licht lebhaft reflectiren sehen. Ich selbst habe solche Schneenadeln zuweilen bei heiterm Himmel in der Luft schweben gesehen, und ihr zurückgeworfenes Licht

1 Voyage au Nord. Vol. II.

e öfters mit einem sehr gelinden Luftzuge so fort-
einen, daſs ihre Längendimension horizontal ist,
tlichsten, wenn sie sich in dem Verticalkreise der
len. In dieser Gegend sieht man sie freilich auch
quemsten, weil man neben der verticalen Wand ei-
m besten das Auge in Schatten halten, und die un-
e vorbeiziehenden, nur sehr wenig aus dem Verti-
r Sonne heraustretenden Schneenadeln beobachten
olchen Zeiten sind diese Schneenadeln oft so spar-
len, daſs man die, welche dem Auge noch einzeln
ben, also in einem sehr begrenzten Gesichtskreise
zählen zu können glaubt, aber dennoch kann der
rückwerfung oder Brechung des Lichtes hervorge-
z gar wohl uns helle Ringe u. s. w. zeigen, da in
Linie vom Auge bis zur Wolkenregion eine hinrei-
l dieser Krystalle vorhanden seyn kann.

ichtige Einwurf, daſs wir auch im Sommer Neben-
Höfe um Sonne und Mond sehen, und daſs sich uns
Eisnadeln dann doch gewiſs nichts zeigt, muſs wohl
twortet werden, daſs in den ungemein hohen Gegen-
las Phänomen der Nebensonnen seinen Ursprung hat,
len Jahreszeiten und vielleicht in allen Klimaten sich
nadeln erzeugen können, und daſs diese im Herab-
allein längst aufgethaut, sondern sogar auch verdun-
erden, ehe sie noch die tiefern Gegenden der Atmo-
ichen.

ehr häufig diese Erscheinungen in den nördlichen Ge-
d, zeigen Aepinus Beobachtungen, der 1758 in fünf
echs und zwanzig Erscheinungen von Höfen aufge-
und auſserdem noch einige gesehen hatte, die ihm
rkwürdig schienen[1], und ebenso Braun's Beobach-
Sibirien[2], wo die Nebensonnen sehr oft vorkommen.
zählt sogar, daſs er an der Hudsonsbay die Neben-
st täglich mit der Sonne aufgehen, und sie den gan-
egleiten sah. Die oberhalb der Sonne liegenden Thei-
ges um die Sonne wurden schon vor Sonnenaufgang
und man sah zuerst, etwa 20 Grade von der Stelle,

---

[1] v. Comment. Petrop. VIII. 392.
[2] v. Comment. Petrop. VI. 438. und X. 375.

wo die Sonne aufgehen sollte, sich lichte Streifen über den H
rizont erheben, die, wenn die Sonne die dem Zenith näh
Theile derjenigen Schicht, wo das Phänomen entstand,
beleuchten anfing, sich oben immer mehr zu einem vollen Ha
kreise rundeten. Bei Sonnenaufgang war der halbe Hof vo
ständig und die zwei in ihm stehenden Nebensonnen gingen
gleich mit der Sonne auf und begleiteten sie den ganzen Tag

Dieses alles spricht für die Mitwirkung der Eispartik
und es entstände nun die Frage, welche Gestalt wir ihnen bei
gen dürfen. Daſs sie wie feine Nadeln erscheinen, habe
schon erwähnt, und es ist ja auch bekannt, daſs der Schnee
aus solchen Nadeln zusammensetzt. Diese Nadeln haben hö
wahrscheinlich in ihrer einfachsten Bildung die Gestalt ei
gleichseitig dreiseitigen oder gleichseitig sechseckigen Prism
und gewiſs ist, daſs wenn sich diese Schneekrystalle an ein
der setzen, als vereinigte Schneekrystalle ein Ganzes bild
dieses immer unter Winkeln von 60 Graden geschieht, wor
ja die mannigfaltigen, aber durchaus diese sechseckige Fo
darstellenden Schneesternchen entstehen. Man könnte also
theoretisch die Frage verfolgen, welche optische Erscheinung
müssen sich uns in solchen Eiskrystallen, die vermuthlich py
ramidalisch zugespitzt sind, zeigen? — Doch wir wollen u
hier lieber an die Erscheinung der Höfe halten, und zu jed
einzelnen Stücke des Phänomens die Erklärung suchen.

1. Die durch die Sonne gehenden wei ſsen Kreise.

Unter den bei diesen Phänomenen sich zeigenden, durch
Sonne gehenden Kreisen will ich den zuerst betrachten, w
cher in verticaler Richtung durch die Sonne geht. Man s
zuweilen, ohne daſs sich andere Ringe, Kreise oder Neb
sonnen zeigen, am häufigsten bei aufgehender oder unterge
der Sonne einen verticalen Lichtstreifen, der, wenn die So
sehr niedrig steht, die Feuerfarbe des Abendrothes zeigt,
höherm Stande der Sonne aber weiſs ist. Dieser erstreckt
von der Sonne hinaufwärts und hinabwärts, zuweilen bis
40 oder 50 Graden Entfernung [2].

---

1 Phil. Transact. 1770. p. 129.

2 Einige solche Beobachtungen sind an folgenden Orten zu

rscheinung muſs wohl ganz der Hugenischen An-
erklärt werden[1]; indem es dabei auf die Gestalt
n, ob sie prismatisch oder cylindrisch sind, nicht
Schweben nämlich Eisprismen so in der Luft, daſs
horizontal und senkrecht gegen die Vertical-Ebe-
orin die Sonne sich befindet, so werden diese bei
en Neigung ihrer Seitenfläche uns ein Sonnenbild
elung zeigen. Steht die Sonne im Horizonte und
anten des Prisma's senkrecht gegen diesen Vertical-
issen die, welche uns ein Sonnenbild nahe über der
ıe zeigen sollen, ihre untere Fläche nur wenig ge-
izont neigen, diejenigen aber, welche dem Beob-
ade über dem Horizonte stehen, müssen eine Nei-
ntern Fläche = 30 Gr. haben, diejenigen endlich,
im Zenith stehen, müssen diese Ebene 45 Gr. gegen
t geneigt haben, um ihm ein Sonnenbild zuzuwerfen.
ıns also vor, es würden durch einen leisen Luftzug,
egen die Vertical-Ebenen durch die Sonne, viele
n so fortgeführt, so würden gewiſs in jeder vom
eobachters aus gezogenen scheinbaren Richtungslinie
ele finden, welche die richtige Lage, um dem Be-
ıen Sonnenstrahl zuzuwerfen, hätten, und da die
, wenn sie gleich unwirksam in dieser Hinsicht sind,
lie Wirkung jener nicht hindern, so wird dem Be-
n allen Puncten dieses Vertikalkreises ein reflectirtes
zugeworfen, und er sieht den ganzen Verticalkreis
oder wenigstens die Theile desselben, wo sich solche
ln finden. Wenn in Richtungen, die von dieser
bene abwärts liegen, sich Prismen befinden, so kön-
sie dem Beobachter reflectirtes Sonnenlicht zuwerfen,
ıuge sich in der durch die Sonne auf die Spiegelungs-
rechten Ebene da befindet, wo der Reflexionswinkel
lswinkel gleich ist. Wäre also die Atmosphäre mit
n, nach allen Seiten gerichteten Prismen erfüllt, oder

—

de Paris. X. 90. Hevel in Phil. Tr. 1674. IX. 26; Der-
. Tr. 1707. XXV. 2411. Acta erudit. 1690. 65. und 1714.
mann, den Hugen. in opp. posth. 341 anführt. Swinton.
37. 94. Messier Mém. de Paris. 1771. 434. G. III. 361.
gen. p. 340.

auch mit Prismen, die alle mögliche Richtungen hätten wäre wohl kein Grund, warum jener Verticalkreis vorgläi sich auszeichnen sollte. Es scheint also nöthig anzuneh daſs zu der Zeit, da der verticale Lichtstreif erscheint, we stens in *einer* Gegend der Atmosphäre eine vorzüglich g Anzahl solcher, gerade mit den Kanten gegen den Sonnen senkrechter Prismen vorhanden sey. Daſs man bei niedrig hender Sonne diese Lichtstreifen am besten sieht, kommt o bar von dem langen Wege, den der Lichtstrahl dann in Atmosphäre macht, wo er also mehr solche Spiegel an Diese Lichtsäule ist in der Nähe der Sonne am lebhafte welches wohl daraus zu erklären ist, daſs das unter einem nen Winkal auffallende Licht gröſstentheils zurückgew dagegen das mehr senkrecht auffallende in gröſserer Menge d gelassen wird; dazu kommt noch, daſs selbst etwas von eigentlichen Richtung abweichende Prismen, nahe bei Sonne, das Licht des Kreises verstärken.

Gilbert's Beobachtung, wo zugleich ein gegen die tical-Ebene geneigter Lichtstreif erschien[1], möchte wol dem Phänomen des *Wasserziehens der Sonne*, wie man wöhnlich nennt, zugehören; denn da sich dabei am H Wolken zeigten, so konnte wohl die Beschattung de und die Erleuchtung einiger derselben da, wo gerade Ö gen in der Wolke vorhanden waren, das Phänomen h bringen.

Man hat es zuweilen als merkwürdig angeführt, daſs die Erscheinung sich an mehreren Orten zugleich, in bed den Entfernungen von einander gezeigt hat. Dieses ist teorologischer Hinsicht einigermaſsen merkwürdig, zeigt, daſs dieselbe Beschaffenheit der Luft sich erstreckte, in optischer Beziehung ist nichts Merkw dabei[2].

---

1 G. III. 361.

2 Daſs noch in unsern Tagen einmal die Sichtbark Phänomens an zwei entfernten Orten als Beweis für die ungem Entfernung desselben angeführt worden ist, verdient nur wohin man gelangen würde, wenn man die mathematische schung verlieſse, erwähnt zu werden. Die von Kämtz Widerlegung dieses Irrthums (Schweigg. Jahrb. XLV. 193.)

, oft ohne alle weitere helle Kreise[1] vorkommenden n, sind zuweilen auch mit dem horizontalen Kreise, ;leich näher betrachten werde, zugleich da. Dann entweder ein Kreuz, in dessen Mitte die Sonne oder steht, oder es zeigt sich ein solches Kreuz der Sonne enüber[2].

r Kreis ist bei den vollständigern Erscheinungen von ıen seltener vorhanden, als der zweite durch die ende Kreis, der dagegen nie allein, sondern immer ler zwei Nebensonnen in Verbindung, gewöhnlich mit mehreren Kreisen, zugleich vorzukommen pflegt. rizontalkreis ist allemal weiſs, farbenlos, hat die Breite, onnendurchmesser gleich ist und ist in der Regel so ſs man wenigstens keine Abweichung bemerkt, hori- 3ei einigen Beobachtungen scheint er wenig von der en Lage abweichend zu zeyn[3]. Flaugergues sah [4] am 9ten Mai 1796 um 11 Uhr, als die Sonne etwa hoch stand, einen durch die Sonne gehenden Kreis von dem Halbmesser des innern Ringes; dieses Krei- punct muſste, wenn die Angabe genau ist, 4 oder 5 n Zenith entfernt seyn. Noch weiter vom Zenith ent-

---

l gründlich dar und giebt zugleich Nachricht von andern Erscheinungen. Es ist klar, daſs hier nicht zwei Beobach- lemselben Puncte im Raume hinsehen, wenn sie dieses Phä- ›bachten, sondern daſs das Bemühen, aus zwei correspon- Beobachtungen die wahre Entfernung dieses Phänomens be- u wollen, ein so ganz verfehltes Unternehmen ist. Wenn ›achter des Regenbogens, der ihnen diesseits naher Häuser ıe erscheint, aus der correspondirenden Beobachtung der seine Entfernung bestimmen wollten, so fänden sie ihn so als die Sonne selbst.

ıweilen mit Nebensonnen ganz nahe an der Sonne, die nicht jetzige Betrachtung gehören, s. Art. *Nebensonne.*

ın oft beobachtetes Phänomen, wovon Beispiele an folgenden rkommen: Hevel und Rothmann bei Hugen. p. 339. Braun ım. Petrop. VI. 438. Fouchy Mém. de Paris. 1735. 585. Han- ıagaz. 1826. S. 179. Acta Erud. 1714. 427. Mém. de Paris. X. XVIII. 104.

'hil. Tr. I. 219. und XL. 1737. 54.

Mém. de l' Inst. I. 107.

fernt lag der Mittelpunct des durch den Mond gehenden Kreises bei Hall's Beobachtung[1]. Der Mond stand 54 Grade hoch, der gegenüber liegende Punct dieses Kreises nur 14 Grade, so daſs der Mittelpunct dieses Kreises 20 Grade vom Zenith entfernt seyn muſste. Dieser Horizontalkreis, denn so werde ich ihn, der seltnen Abweichungen ungeachtet, nennen, entsteht wohl ohne Zweifel, wie schon Hugenius annahm, durch Spiegelung an vertical schwebenden Schneenadeln. Stellen wir uns nämlich verticale Spiegel um uns herum in allerlei Stellungen vor, so sehen wir Sonnenbilder nur in denen, die mit unserer Ge-
Fig. 107. sichtslinie O A eben den Winkel, wie mit dem Sonnenstrahle S A machen, C A O = b A S, oder in denen, für welche b A S = ½ S′ O A ist, wenn S′ O, parallel mit S A, nach der Sonne zu geht. Schwebt also ein groſser Theil der prismatischen Eisnadeln vertical, so werden sich unter ihnen in der Richtungslinie O A immer sehr viele ſinden, die diese Stellung haben; und da die übrigen von dieser Stellung abweichenden, wenn sie nämlich vertical sind, gar kein durch regelmäſsige Spiegelung zurückgeworfenes Licht in das Auge senden, so zeichnet der Glanz jener sich merklich aus. Das Bild, welches jeder dieser Verticalspiegel uns darstellt, liegt mit der Sonne gleich hoch über dem Horizonte, denn da das Einfallsloth auf einen Verticalspiegel b c, die Horizontallinie D A ist, und das Bild hinter dem Spiegel auf einer durch den leuchtenden Punct, dem Einfallslothe parallel gezogenen Linie eben so weit hinter dem Spiegel liegt als der leuchtende Punct vor demselben, so erhellet leicht, daſs das nach diesem Bilde sehende Auge seinen Blick nach einer Richtung ebenso geneigt als die Richtungslinie nach der Sonne, wenden muſs. Da dieses für alle jene spiegelnden Nadeln gilt, so sieht man einen mit dem Horizonte parallelen hellen Kreis, der an manchen Stellen unterbrochen seyn kann, wenn sich gerade dort wenige oder gar keine verticalen Eisnadeln beſinden.

Damit dieser Kreis vorglänzend sich zeige, muſs es der verticalen Nadeln bedeutend viel mehrere geben, als der in andern Richtungen schwebenden; denn gäbe es ebenso viele, die 1 Grad gegen die Verticallinie geneigt, unter einander parallel, (zum Beispiel alle von Norden nach Süden geneigt) schwebten, so würde sich ein gleichfalls durch die Sonne gehender Kreis,

1 Edinb. Ph. Tr. IV. 173 und G. III. 357.

der aber die Neigung von 1 Gr. gegen den Horizont hätte, zeigen, und da auf diese Weise sich ein weiſser Kreis an den andern reihen, und ihre ganze Folge den Himmel bedecken würde, so könnte keiner vorglänzend seyn, sondern der ganze Himmel würde nur einen weiſsen Schimmer zurückwerfen, wenn nicht Nadeln in *einer* bestimmten Richtung in sehr vorherrschender Menge da wären. Hätten diese Nadeln nicht die verticale Richung, sondern eine andere, so könnten die geneigten Kreise entstehen, die Flaugergues und Hall gesehen haben. Daſs ber in der Regel die verticalen Nadeln am zahlreichsten voranden sind, läſst sich aus dem Bestreben der Nadeln, so, wie s der kleinste Widerstand fordert, herabzufallen, wohl erkläen. Zu bemerken ist indeſs wohl auch, daſs für die beinahe i der Richtung gegen die Sonne zu erscheinenden Nadeln eine leine Abweichuug von der verticalen Stellung wenig schadet; enn da alle diese durch Spiegelung entstehenden Kreise durch e Sonne gehen würden, und die Breite des Sonnen-Durchessers hätten, so würde bei dem scheinbaren Abstande $= \varphi$ in der Sonne, und einer Abweichung des Kreises $= \alpha$ vom orizontalkreise, doch noch ein Sonnenbild des untern Sonnenndes mit dem Bilde des obern Randes im Horizontalkreise zummenfallen, so lange die Kreise sich nicht um mehr als $\frac{1}{2}$ Grad on einander entfernen. Dieses würde in 30 Grade Entfernung on der Sonne, wenn die Sonne im Horizonte steht, $\alpha = 1$ Grad; enn sie 30 Grade hoch steht, $\alpha = 10^0$; wenn sie 45 Grade ch steht, $\alpha = 16\frac{1}{2}$ Grad geben, und das Erscheinen des wein Ringes wird daher immer wahrscheinlicher, je höher die nne steigt, da dann auch die nicht genau verticalen Nadeln i verstärken helfen.

Das gleichzeitige Erscheinen des verticalen und horizonta- Kreises bietet einige Schwierigkeit in der Erklärung dar, em man doch das Herabfallen der Nadeln in verticaler Stelg wohl einer ganz ruhigen Luft zuschreiben muſs, statt daſs horizontale Richtung der Nadeln einen leisen Luftzug zu dern scheint. Vielleicht kann in einer niedrigen Luftschicht eine, in einer höhern Luftschicht das andere statt finden.

Zu diesen durch die Sonne gehenden Kreisen gehören ferdie Kreise hla, hma. So viel ich weiſs, hat man noch Fig. 103.
ne Erklärung ihrer Entstehung, die mir gleichwohl sehr nahe liegen scheint. Bekanntlich fügen sich jene Eisnadeln nie

anders, als unter dem Winkel von 60 Graden, an einander, und nicht allein die gröſseren Krystalle, die wir in den Schneesternen vereinigt sehen, machen diese Winkel mit einander, sondern auch die feinen Nadeln, die an jedem gröſseren Krystalle sich anhängen, machen mit diesem eben jenen Winkel. Sind also sehr viele verticale Eisnadeln in der Luft, so können mit ihnen viele unter 60 Graden Abweichung von der Verticallinie verbunden seyn. So wie wir nun für die auf den Horizont senkrechten Nadeln einen Horizontalkreis durch die Sonne erhielten, so würden wir für alle Schneenadeln, die gegen einen 60 Grade vom Zenith ab liegenden Punct, der zugleich um 90 Grade im Azimuth von der Sonne absteht, gerichtet sind, einen Kreis, durch die Sonne gehend, senkrecht auf diese Richtung durch die Spiegelung der Sonne in diesen Prismen sehen müssen. Stände zum Beispiel die Sonne in Süden, so würde ein in 30 Graden Höhe in Osten, und ebenso ein 30 Grade hoch in Westen liegender Punct der Mittelpunct des einen und des andern der beiden durch die Sonne gehenden Kreise seyn. Dieses erhellt wohl sehr leicht, aber eine Schwierigkeit scheint mir übrig zu bleiben, nämlich daſs jene unter 30 Graden gegen den Horizont geneigten Nadeln doch wohl in allen Azimuthalrichtungen vorhanden seyn könnten, und daſs diese, wenn man die unter sich parallel nach einem andern Puncte des Himmels gerichteten zusammen als allein vorhanden betrachtete, andere Kreise durch die Sonne, deren Pol 30 Grade hoch läge, hervorbrächten. Wenn also jene durch die Lage der erwähnten Kreise angedeutete Erklärung die richtige ist, so müſsten besondere Umstände statt finden, welche das Erscheinen gerade dieser Kreise, das ist die genaue, gerade so bestimmte Azimuthallage der unter 60 Graden geneigten Prismen begünstigen.

Indeſs dieser Einwurf trifft auch die Erklärung der zu andern Zeiten und nicht selten gesehenen Verticalkreise durch die Sonne. Wenn die Sonne genau in Osten steht, und alle Schneenadeln sind horizontal nach Norden und Süden gerichtet, so sieht man einen hellen Verticalkreis durch die Sonne; wären sie aber alle nach Südost gerichtet, so müſste man eben so gut einen Halbkreis sehen, der durch die Sonne gehend seinen Mittelpunct in Süd-Ost des Horizontes hätte; und wären sie alle nach Osten gerichtet, so müſste man einen Halbkreis sehen, der seinen Mittelpunct gerade in dem unter der Sonne liegen-

den Puncte des Horizontes hätte. Solche Kreise sieht man nie-mals oder wenigtens ganz gewiſs höchst selten. Aber liegt nicht vielleicht hierin auch der Grund, warum man selten anders als bei Aufgang oder Untergang der Sonne jenen verticalen Streifen ieht? Man zeichne auf eine Kugel einen gröſsten Kreis, der len Horizont vorstellt, und nehme in ihm einen Punct an, der lie im Horizonte stehende Sonne bedeutet. Zeichnet man nun lurch diese Sonne Kreise, deren Mittelpuncte in verschiedenen 'uncten des Horizontes liegen, so berühren diese sich einander nd die Bogen Sa, Sb, Sc, können ihre Mittelpuncte schon Fig. 108. iemlich weit von einander entfernt haben, ehe die Bogen Sa, ib, selbst in bedeutender Entfernung von der Sonne, erheblich eit auseinander laufen. Steht dagegen die Sonne S hoch über em Horizonte, so sind jene Bogen nicht mehr sich berührende ogen, sondern sie schneiden einander, und tragen keineswegs zur Verstärkung des durch die Sonne gehenden Verticalkrei-s bei.

Nach der Analogie müſsten wir also schlieſsen, daſs jene reise, welche von den unter 30 Gr. Neigung gegen den Hori-nt an die verticalen Nadeln befestigten Prismen hervorgebracht erden, sich bei 30 Grad Sonnenhöhe am besten zeigen müſs-n, indem da die bei etwas abweichender Azimuthalrichtung ntstehenden Kreise sich in der Nähe der Sonne berühren. Die ildung vollständiger bis zu dem entgegengesetzten Puncte des lorizontalkreises fertlaufender Bogen setzt indeſs immer eine deutende Ueberzahl solcher Prismen, deren Kanten im Azi-uth 90 Grade von der Sonne liegen, voraus.

Ob es nun genügend sey, so zu erklären, ob man die Sel-heit des Phänomens, als entsprechend der Schwierigkeit die-seltenen Zusammentreffens von Umständen, ansehen dürfe, es wahrscheinlich sey, daſs diese Umstände, wie bei dem n Lowitz beobachteten Phänomene, längere Zeit, selbst bei rklich verändertem Stande dsr Sonne, fortdauern, das wage nicht zu behaupten.

Die wenigen Beobachtungen, die solche Bogen angeben, d folgende. Eine Beobachtung von Baxter[1] am Lacus Su-rior, am 22. Jan. 2 Uhr, als die Sonne kaum 20 Grade hoch hen konnte, giebt zwei helle Bogen an, die sich einander

---

1 Ph. Tr. 1787. p. 44.

und zugleich den Horizontalkreis, der Sonne gerade gegenüber durchschnitten und ein Andreaskreuz bildeten. Die Zeichnung ist so, daſs man ihnen 60 Grad Neigung gegen den Horizont bei legen darf[1]. Bei der Beobachtung von Lowitz in Petersburg am 18. Juni 10 Uhr Vormittags, als die Sonne gegen 45 Gr hoch stand, und selbst noch später als sie höher stieg, zeig sich diese Bogen, deren genaue Abmessung Lowitz nicht giebt; er sagt nur, daſs auch beim Höhersteigen der Sonne Durchschnittspunct auf dem Horizontalkreise der Sonne ger gegenüber blieb.

Mit den Nebensonnen, welche von Hoff am 12. Mai 18 beobachtete[2], als die Sonne 25 Grade hoch stand, zeigte s zugleich eine, der wahren Sonne gegenüber stehende, in w cher zwei weiſse Bogen sich durchschnitten, die von Hoff rechte Winkel mit einander bildend, Kries als sich berühr zeichnete.

Bei Lea's Beobachtung[3] sind diese Kreise so gezeich als ob man sie ganz gesehen hätte. Da ich die genauen U stände der Beobachtung nicht angegeben finde, so kann nicht entscheiden, ob der Zeichner vielleicht über die Gren der Beobachtung hinausgegangen ist. Sollten sie ganz über d Horizonte erscheinen, so muſste ihr Centrum etwa so hoch die Sonne selbst liegen, die damals fast 60 Grade hoch ge den zu haben scheint. Vorzüglich gut scheinen diese bei Kreise sich bei dem von Schult am 27. März[4] 1826 in Ko berg beobachteten Phänomene gezeigt zu haben. Die S hatte ungefähr die Höhe von 30 Graden. Hansteen sah etwas Weniges von diesen Bogen der Sonne gegenüber. von Hevelius[5] um 6 Uhr Abends am 6. Sept. 1661 beob teten, sich ebenso schneidenden, Bogen, die der unterge den Sonne gegenüber standen, führe ich zuletzt an, weil He sie irides nennt, und ich daher den Zweifel anführen muſs,

1 Bei einer Beobachtung von Weidler wird von diesen Bogen ausdrücklich gesagt, daſs sie Winkel von 60 Gr. mit einander mach ten. Ph. Tr. 1739. XLI. 221.

2 De Zach. Corr. astr. X. 536.

3 Poggendorf, VII. 529.

4 Hansteen Magaz. 1826. I. 154.

5 Mercur. in Sole visus; in appendice.

varen, welches zu meiner Erklärung nicht passen

ge Beobachtungen werden, wenn man genaue Aus- dieser Kreise versucht, leicht entscheiden, ob ihr de hoch, und in einem Azimuthalabstande = 90 Grade nne liegt; findet sich das bestätigt, so glaube ich, sicher jenen unter 60 Grad gegen die Verticalnadeln Nadeln die Entstehung des Phänomens zuschreiben, einen Grund aufsuchen, warum die Schneesternchen g, daſs die durch alle Spitzen gehende Ebene senk- n die Sonne ist, vorzugsweise annehmen.

Höfe um die Sonne oder den Mond, Mittelpuncte diese leuchtenden Körper sind.

n wir annehmen, daſs die Atmosphäre mit gleichsei- rismen angefüllt sey, so könnten wir nach den ver- n Lagen, die diese Prismen haben müſsten, um e vorzüglich merkwürdige Erscheinungen darzubieten,

wollen zuerst diejenigen Prismen betrachten, deren nkrecht gegen die durch die Sonne, das Auge, und llspunct des Lichtstrahles auf das Prisma gelegte Ebene diesen bleibt der Strahl bei der Brechung in der Ebe- ′ des gleichseitigen Dreiecks, und gelangt nach der Brechung zum Auge. Es sey Sap = φ der Winkel Fig. 109. tstrahls mit dem Einfallslothe, so ist beim Eise für von mittlerer Brechbarkeit das Brechungsverhält- ,31, also

$$\text{Cos. } C'ab = \frac{1}{1{,}31}\text{ Sin. }\varphi;$$

$$C'ba = 120° - C'ab,$$

$$\text{Cos. } ObB' = 1{,}31 \text{ Cos. } C'ba,$$

macht mit aS einen Winkel = C′ab — SaA′ + C′ba ′. Die genaue Untersuchung der Brechung im Prisma als dieser Winkel ein kleinster wird, wenn C′ab ein henkliches, hier also zugleich gleichseitiges Dreieck ist, nn C′ab = C′ba = 60°, und hier

$\text{Cos. } SaA' = \text{Cos. } ObB' = 1{,}31.\ \text{Cos. } 60° = 0{,}655$ also $SaA' = 49° \; 4' \; 50''$. Dann ist das Bild um $2\,(C'ab - SaA') = 2.\ (10° \; 55' \; 10'') = 21° \; 50' \; 20''$ von dem leuchten den Puncte entfernt.

Diejenige Lage des Prisma's, wobei dieses Minimum stat findet, hat darum etwas ausgezeichnetes, weil das Auge in (nicht bloſs von dem Prisma, welches genau diese Stellung ha sondern auch von Prismen, die nicht ganz strenge diese Stellun haben, den Lichtstrahl empfängt. In andern Fällen reicht ein sehr kleine Drehung des Prisma's A′B′C′ hin, um den Licht strahl, der auf O fiel, weit von O zu entfernen, aber bei diese Stellung kann diese Drehung mehrere Grade betragen, ehe di Ablenkung von O erheblich wird, und ein Auge in O wird als nach dieser Richtung aus Puncten, welche 21° 50′ von der Son ne ab liegen, weit mehr Licht durch Brechung in diesen Prisme erhalten, als von andern weiter von der Sonne ab liegende Puncten, weil die auf O b liegenden Prismen dem Auge selbs bei etwas ungleicher Lage den Lichtstrahl zusenden. Vo Puncten, welche der Sonne näher liegen, kommt gar kei Lichtstrahl, durch Brechung in den Prismen, zum Auge.

Wenn man für rothe Strahlen das Brechungsverhältniſs, wie 1 zu 1.306 setzt, so wird jener Abstand 21° 32′, und die rothen Strahlen geben daher ein der Sonne näheres Bild.

Diese Resultate stimmen so genau mit der Erscheinung welche der innere Hof um die Sonne darbietet, überein, daſs man wohl nicht zweifeln darf, dieser Ring stelle sich uns ver möge dieses Minimum's der Brechung in gleichseitigen Eis prismen dar[1]. Der innere Raum, welchen dieser erste Hof um schlieſst, ist dunkler, weil aus den so nahe bei der Sonne lie genden Prismen gar kein Licht durch Brechung in das Au kommt. Der innere Rand des Hofes tritt schärfer abgeschnit ten hervor, weil eben hier die Grenze der zum Auge gelangen den Lichtstrahlen liegt, statt daſs der äuſsere Rand mehr ver waschen ist, indem aus entfernteren Puncten zwar nicht ſo zahlreiche, aber doch noch immer viele Lichtstrahlen zum Aug

---

1 Wollaston hat ähnliche Ringe durch einen Versuch, der doc nur unvollkommen gelingt, darzustellen gesucht, indem er durch ei ne dünne auf einem Glase ausgebreitete Schicht krystallisirten Alaun nach einem Lichte sah.

)as Roth liegt an der innern Seite des Ringes und lichsten hervor, die übrigen Farben sind weiſslich t, weil da, wo der grüne oder blaue Ring erschei- auch andere Farbenstrahlen zum Auge hin gebro- i.

ılbmesser dieses innern Hofes ist oft abgemessen, ungefähr 22 Grade gefunden worden. Die meisten ben sind indeſs nur oberflächlich, und man bleibt ›b die Ungleichheiten, welche sie darbieten, in der anden waren. Einige genauere Messungen geben und Musschenbroek[1] an, die ihn 23⅓°; 23° 12'; 0'; fanden. Usher fand den Halbmesser mit dem anten = 22° 24'[2]. Cassini 22° 15'[3]. v. Hum- ɔt eine Messung an, wo der Durchmesser 42° 3' als 11½ Grad hoch stand und 44° 10', als der Mond eine 37½ Gr. erreicht hatte, betrug. Dagegen hat Mus- ek einmal den Halbmesser bei steigender Sonne bis bnehmen gesehen. Zwei von mir selbst angestellte ngen sind folgende: Am 26 Apr. 1828 stand Abends Stern ϑ des Löwen nicht über ¼ Gr. vom innern Ran- nges um den Mond entfernt; daraus folgt der innere er 21° 17'. Um 9¼ Uhr stand eben der Stern fast ge- nern Rande des Ringes und Vindemiatrix ¼ Gr. oder er ¼ Gr. innerhalb des inneren Randes. Die erste An- immt des Rings innern Halbmesser = 21° 8', die zwei- ' oder ein wenig darüber. Also könnte 21° 10' als rth gelten, oder vielleicht 21° 15'. Da der Stern ne- hellen Lichte des Ringes schon unkenntlich werden wenn er auch noch nicht ganz den Ring erreichte. hl trifft mit der vorhin berechneten Grenze des rothen ehr nahe zusammen, und wenn die rothen Strahlen et- ıiger gebrochen würden, so daſs man 1,3022 statt 1,306 ürfte[4], so wäre die Uebereinstimmung vollkommen genau[5].

Phil. Tr. XXXI. 212. Mém. de Paris 1735. 87.

Transact. of the Irish Acad. 1789. 143.

Mém. de Paris X. 583.

Nach Brewster ist man hiezu wohl berechtigt, da er die mitt- echung 1,307 setzt. On new phil. Instrum. p. 288.

Bei Wasserprismen, wenn es dergl. geben könnte, würde der ısser 23° 50' seyn.

Die etwas gröſsern Ringe könnten vielleicht dann entstehen, wen die Prismen keine genau gegen den Sonnenstrahl senkrechte La ge haben; aber die starke Abnahme des Halbmessers, welc Musschenbroek beobachtet hat, läſst sich nicht erklären; der Prismen, deren einer Winkel bis auf 50 Grade abgenommen hätt anzunehmen, und vorauszusetzen, daſs dieser Winkel gerac der brechende Winkel wäre, würde zu gezwungen scheine obgleich sich in der Verbindung mehrerer Prismen zu eine Schneesterne und in dem Abthauen an den vorragenden äuſse Spitzen, die hier allein wirksam seyn könnten, znr Noth ei Grund für diesen geänderten Winkel finden lieſse.

Obgleich also für sehr seltne Fälle noch einige Umständ unerklärt bleiben, so glaube ich doch, daſs man keine besse Erklärung dieses Ringes verlangen kann, und dieser Theorie de Mariotte, Venturi und Fraunhofer seinen Beifall nicl versagen darf. Nach Arago's Versicherung erhält die Behaup tung, daſs das Licht sowohl dieses ersten als des zweiten Ho fes um die Sonne auf diese Weise zum Auge gelange, auc durch diejenige Prüfung, die er in Beziehung auf die Polarisi-rung anstellte, eine Bestätigung; es zeigte sich nämlich, daſs dieses Licht kein zurückgeworſenes, sondern gebrochenes sey[1].

Die Frage, ob es denn wahrscheinlich sey, daſs unter den vermuthlich in allen möglichen Lagen schwebenden Prismen sich eine hinreichende Zahl finden sollte, die den Strahl auf diese Weise zum Auge bringen, muſs ich noch beantworten. Unter denen, deren Kante senkrecht gegen die Richtung des Sonnen-strahls und gegen die nach dem Auge zu gehende Linie sind, kommen gewiſs, auch in der Linie O b alle verschiedenen Lagen vor; aber wenn der Einfallswinkel S a A′ der für mittlere Strah-len 49° 5′ betragen sollte, auch bis 41° abnimmt und bis 57 Gr zunimmt, so wird dadurch der Halbmesser des Ringes nur um 30′ gröſser, und die bei so viel abweichender Stellung zum Au-ge gelangenden Strahlen tragen noch immer mit bei, um den Glanz des Ringes zu verstärken. Da nun unter den 120 ver-schiedenen Stellungen, die das Prisma, von Grad zu Grad um seine Axe gedreht, annehmen kann, 16 Stellungen sind, die noch zur Bildung des Ringes beitragen, so kann man unter al-len auf O b liegenden Prismen, deren Kanten senkrecht auf O b a S

1 Bullet. univ. Mai 1825.

ıd, ein Achtel als wirksam ansehen, statt daſs weiter von der
ınne eine viel kleinere Anzahl in jeder Gegend wirksam ist, um
n allgemeinen weiſsen Schimmer des Himmels hervorzubrin-
n. Wenn die Kanten nicht senkrecht auf den Sonnenstrahl
d, so geschieht die Brechung im gleichseitigen Prisma nicht
hr in einem gleichseitigen Dreiecke, und der gebrochene
ahl erhält eine etwas mehr von der Sonne abgelenkte Rich-
ıg, aber auch da kann die Abweichung von der senkrechten
htung der Kanten 10 Grade betragen, ehe der Ring seinen
lbmesser um $\frac{1}{2}$ Grad vergröſsert, und man kann daher an-
ımen, daſs $\frac{1}{12}$ aller auf Ob liegenden Nadeln, die empfange-
ı Strahlen gebrochen ins Auge senden, statt daſs in jeder an-
n Richtung viel weniger Prismen wirksam sind.

Der gröſsere Halbmesser der Ringe kann also statt finden,
ın viele Nadeln eine etwas abweichende Richtung haben,
es könnte vielleicht der Mühe werth seyn, bei den Mes-
gen der Ringe theils darauf, ob sie von der Kreisform ab-
chen, theils auf die Richtung des Windes zu achten. Die
erbrechung der Ringe kann daraus, daſs in einer Gegend
ıiger Eisnadeln vorhanden sind, entstehen[1].

Ich gehe nun zu einer zweiten Lage des Prisma's über, die
eine Merkwürdigkeit darbietet. Gleichseitige dreieckige
prismen, die zwischen s O, als Richtung nach der Sonne und
liegen (wo $sOb = 22°$ ist), können durch Brechung gar
ıe Lichtstrahlen ins Auge senden; ist $sOb > 22°$, so kom-
einige Lichtstrahlen ins Auge, aber endlich gelangen wir
inem Abstande s O f von der Sonne, wo das Prisma, um
gebrochenen Strahl nach O zu senden, die Lage haben
, daſs entweder der einfallende Strahl S″e mit der Seite

---

1 Die Erscheinung dieser Ringe ist ungemein häufig und ist
oft beschrieben; nur als Beispiele führe ich an: Musshenbroek
de Paris 1735. p. 87. Aepinus nov. comm. Petrop. VIII. 392.
er Ph. Tr. 1787. 44. Sehr selten ist die Farbenfolge anders an-
ıen, z. B. von Brown Ph. Tr. 1669. IV. 953. und Weidler Ph.
737. XL. 54, aber beide Beobachtungen sind undeutlich und un-
ımmen beschrieben. Dagegen ist die richtige Farbenfolge auch
olgenden Beobachtern angegeben: Fouchy Mém. de Paris 1735.
5. Neve Ph. Tr. 1737. XL. 52. Folkes Ph. Tr. 1737. XL. 59.
ldi Mém. de Paris 1721. p. 231. Lowitz nov. act. Petr.
384.

A C des Prisma's, oder der ausfallende Strahl f O mit der Sei c b des Prisma's einen sehr kleinen Winkel macht. Nimmt m den Winkel s O f noch etwas gröſser, so kann das Prisma kei Lage mehr erhalten, wobei ein gebrochener Strahl nach O g langte. Es ist nämlich klar, daſs bei der Lage A C B des Pri ma's S″ e der letzte, diese Seitenfläche noch treffende Strahl i daſs bei einer kleinen Drehung des Prisma's diese Seite ni mehr von Lichtstrahlen getroffen wird, und daſs bei der La a b c des Prisma's, f O der letzte ausfallende Strahl ist, ind bei etwas veränderter Stellung der Strahl nicht mehr in die L hervordringen, sondern reflectirt werden würde.

Um die scheinbare Entfernung von der Sonne zu find wo dieser Fall eintritt, braucht man nur zu überlegen, daſs wo $bfO = 0$ ist $\text{Cos. } gfc = \frac{1}{1{,}31} = 0{,}7634$, also $gfc = 40° 1$ $fgc = 79° 46'$, $\text{Cos. } S'ga = 1{,}31 . \text{ Cos. } 79° 46'$, also $S'ga$ $76° 32'$ wird; der Winkel also, den Of mit gS' macht, ist $43° 28'$, oder so weit von der Sonne liegen die Prismen, die Strahlen von mittlerer Brechbarkeit $= 1{,}31$, diese Grenze g ben. Wenn für rothe Strahlen der Coefficient $= 1{,}306$ ist, wird der scheinbare Abstand von der Sonne $= 43° 9'$, also lieg das Roth der Sonne näher. Für das Brechungsverhältniſs 1,3 hätte man 44° 15′ gefunden, für 1,3022 aber 42° 51′.

Diese Entfernung trifft merkwürdig mit dem Halbmes des zwar minder oft, aber doch gar nicht selten beobachtet zweiten Ringes um die Sonne zusammen. Alle Beobachter g ben seinen Halbmesser nahe doppelt so groſs, als den des erst Ringes an, also etwa 42½ bis 43 oder 44 Grade[1]. Dieser Ri zeigt immer schöne Regenbogenfarben, das Roth der Sonne nächsten, und diese Farben sind gewöhnlich reiner als beim sten Hofe.

Aber obgleich der Abstand jener Grenze der Brechung gut mit diesem Ringe übereinstimmt und sich leicht überse läſst, daſs ein Ring um die Sonne durch jene Prismen herv gebracht werden kann, so scheint es doch erstlich, daſs nur violetter und blauer Rand in dieser Entfernung sich zeigen

1 Mém. de Paris 1721. 231. 1735. 87. 585. Phil. Tr. 1737. Nov. Comm. Petrop. VIII. 392. Nov. Act. Petrop. VIII. 384. G. XV 105. De Zach Corresp. X. 534. Hansteen Magaz. 1826. I. 154.

e, und zweitens, daſs auch nur wenige Prismen beitragen önnten, um (·)iesen Ring zu zeigen, weil eine, nur um ½ Grad rtgerückte Lage des Prisma's schon den Abstand des Bildes on der Sonne um mehrere Grade vermindert. Aber merkwür- ig trifft es sich, daſs eine andere Brechung sich genau mit die- r vereinigt, um den Ring in diesem Abstande zu verstärken. ENTURI macht nämlich die Bemerkung, daſs ja bekanntlich i den Schneesternchen mehrere solche Prismen vereiniget sind, Fig. 110. nd daſs hier der Lichtstrahl zy so auffallen könnte, daſs er ierst nach yx gebrochen, dann bei x in die Luft übergehend, ie zweite Spitze in w so träfe, daſs qw = qx würde; dann gebe sich bei w eben die Brechung wie bei x; bei v eben die echung wie bei y und die austretenden Strahlen vu wären so it, wie die bei y eintretenden, unter sich parallel. Damit er nun vu mit yz einen Winkel von ungefähr 44 Gr. mache, idet VENTURI es nöthig, den Winkel des Prisma's auf 55 bis 0 herabzusetzen, und dieses scheint mir unangemessen, da rade jene Prismen von genauen 60 Graden die Grundlage un- rer ganzen Untersuchung ausmachen. Ich stelle daher lieber e Frage auf, unter welchem Winkel = wqx müssen die eichseitigen Prismen verbunden seyn, damit uv mit yz einen inkel von 44 Graden bilde. Dieser Werth ist sehr nahe 90 rade; denn wenn ich

$$wxq = xwq = 45^\circ \text{ setze, so ist}$$

$$\text{Cos. } rxy = \frac{\text{Cos. } 45^\circ}{1{,}31};\ rxy = 57^\circ\ 19'.$$

$$ryx = 62^\circ\ 41';\ nyz = 53^\circ\ 3';$$

r Strahl xw macht also mit zy einen Winkel von 21° 57′, d uv mit zy einen Winkel von 43° 54′. Das Brechungsver- tniſs 1,3022 giebt 42° 48′. Bei den Prismen also, welche auf se Weise wirksam seyn sollten, müſsten die Prismen zu ölfseitigen regelmäſsigen Sternen verbunden seyn. — Es ist ht unmöglich, daſs dieses der Fall wäre, aber einen groſsen erth mag ich dennoch nicht auf diese Strahlen setzen, obgleich e Wirksamkeit sehr groſs seyn würde, da eine erhebliche nderung in der Lage des prismatischen Schneesterns nur we- ; Aenderung in die Richtung des hervorgehenden Strahles ngt.

Aber es ist nicht nöthig, daſs zwei Prismen auf diese Wei- fest verbunden sind, sondern noch bei einem zweiten gegen-

seitigen Stellungswinkel erhält das Auge durch zwei Prismen wirksame Strahlen. Es ist nämlich aus der frühern Betrachtung bekannt, daſs m v w = 60° wird, wenn u v p = 49° 5′ ist; wenn also zwei Prismen so neben einander stehen, daſs w q x = 81° 50′ ist, so fällt der Strahl auf das zweite Prisma unter eben dem Winkel auf, unter welchem er aus dem ersten austrat, und die in z y parallel einfallenden Strahlen sind nicht nur in w x, sondern auch in u v wieder unter sich parallel, oder sind wirksame Strahlen, und u v ist um genau doppelt so viel von z y abgelenkt, als w x es war. Dadurch sind aber die Farben viel reiner getrennt, als bei der Bildung des ersten Ringes; denn statt daſs beim ersten Ringe die beiden Brechungsverhältnisse 1,306 und 1,31 die Halbmesser der Ringe = 21° 32′ und 21° 50′ gaben, erhalten wir hier 43° 4′ und 43° 40′, so daſs nicht mehr die von einer Seite der Sonnenscheibe kommenden rothen Strahlen sich mit den von der andern Seite kommenden blauen Strahlen vermischen.

Und dieser Ring fällt nun genau mit dem vorhin gefundenen blauen Rande zusammen. Es entsteht also wegen dieser doppelten Ursache erstlich ein Ring, in welchem Blau und Violett am schönsten hervortritt, aber zweitens ein mit allen Farben geschmückter Ring, dessen Zusammenfallen mit dem ersten folgende Zahlen genauer angeben. Wenn man für die fünf Brechungsverhältnisse 1,3022, 1,306; 1,31; 1,314; 1,32 rechnet, so entsprechen erstlich diesen Zahlen folgende Abstände als Grenzen der Refraction:

42° 51′; 43° 9′; 43° 28′; 43° 47′; 44° 15′.

Dagegen erhalten die mit eben jenen Zahlen berechneten, durch Brechung in zwei Prismen hervorgebrachten Kreise, die Halbmesser: 42° 30′; 43° 4′; 43° 40′; 44° 17′; 45° 12′.

Setze ich also auf Brewster's Autorität für die Brechung der mittleren Strahlen im Eise 1,307, was dann für die rothen ungefähr 1,302 und für die violetten 1,312 geben würde, so treffen die violetten Strahlen des ersten Ringes ungefähr auf die blauen des zweiten und müssen den äuſseren Rand schön blau geben, wie er auch erscheint, Grün und Gelb würde aus beiden Ringen fast genau zusammenfallen, wenn es im ersten so getrennt vorhanden wäre, und kurz das Zusammentreffen beider Ringe könnte nie schöner seyn, so daſs selbst Wasserprismen keine solche Vereinigung dieser aus zwei Umständen her-

orgehenden Erscheinung darbieten würden. Wegen der Grö-e des Sonnendurchmessers ſindet einige Miſchung ſtatt, die ch leicht noch genauer angeben lieſse. Daſs man zuweilen ur Roth und Grün ſieht[1], kann davon herrühren, daſs das elb des letzten Ringes mit dem Blau des erſten gemiſcht wird, nd das Blau ſelbſt auf dem Blau des heitern Himmels ſich nicht heblich auszeichnet.

Wären zwölfſpitzige Schneeſterne vorhanden, ſo würden ich die aus ihnen hervorgehenden Strahlen beinahe mit den nigen zuſammentreffen, jedoch ſo, daſs die blauen Strahlen ſeres Ringes mit etwas Grün aus den zwölfſpitzigen Sternen miſcht würden.

Mehr Uebereinſtimmung zwiſchen Theorie und Beobach-ng kann man, glaube ich, nicht fordern. Und wenn man et- die Vorausſetzung, daſs die beiden Prismen, welche die rahlen durch ſich hindurch laſſen, eine ſo abgemeſſene Lage ben müſſen, zu künſtlich fände, ſo muſs man bedenken, daſs auch hier auf eine ganz ſtrenge Uebereinſtimmung nicht an-mmt, ſondern ſelbſt 10 Grade Abweichung des einen oder dern Prisma's von der genau richtigen Lage noch keinen ſehr eblichen Unterſchied machen, und daſs unter den zahlloſen sprismen eine zum Entſtehen des Phänomens hinreichende zahl richtig geſtellter Prismen ſich immer finden kann. Die ltenheit der Erſcheinung zeigt, daſs es immer von begünſti-nden Umſtänden abhängt, wenn dieſe Erſcheinung ſich zei-n ſolle.

Endlich bietet die Betrachtung der Brechung in den Eis-smen uns noch einen dritten merkwürdigen Fall dar. Wenn Prisma von der Stellung a b c ſo abweicht, daſs der Strahl Fig. 109. nicht mehr in die Luft hervordringen kann, ſo wird er in urückgeworfen, und gelangt etwa nach O′, und das Auge O ält dieſen reflectirten Strahl aus dem Prisma $\alpha b \gamma$ in der htung n O, ſtatt daſs aus den zwiſchen f und n liegenden smen kein Lichtſtrahl zum Auge gelangt. In der Entfernung n von der Sonne ſieht das Auge O alſo wieder einen hellen g, da das für s O n geltende nach allen Richtungen rund um Sonne gilt. Wir wiſſen aus dem Vorigen, daſs da, wo $\gamma = 40^\circ\ 14'$ iſt, der Strahl aufhört in die Luft hervorzuge-

1 G. XI. 414.

hen, also nach m n O zurückgeworfen und gebrochen fortgeh Da ist $S'''l\alpha = 76^\circ\ 32'$, und da die Zurückwerfung nach m unter einem gleichen Winkel, $nm\beta = lm\gamma$ geschieht, so weic n O doppelt so viel von $S'''l$, als f O von $S'g$ ab, oder dasjeni Prisma, welches dem Auge O den zurückgeworfenen Strahl z sendet, ist um $86^\circ\ 56' = sOn$ von der Sonne entfernt. Für d minder brechbaren Strahlen würde dieser Abstand kleiner, u demnach müſste der rothe Rand dieser reflectirten Bilder in e wa 86° 20′ von der Sonne erscheinen. Einen solchen Ring ungefähr 90 Graden Entfernung von der Sonne, hat nur H velius gesehen, und es ist mir keine andere Beobachtu desselben bekannt[1]. Dieser Ring war weiſs.

Obgleich aber dieser Ring so selten zu Gesichte kommt, werden doch die ihm entsprechenden Nebensonnen, von w chen ich bald reden werde, etwas öfter gesehen. Daſs auch weiſs sind, könnte als Einwurf gegen diese Erklärung ange hen werden, indem der Rand eigentlich roth erscheinen soll und die entfernteren Strahlen sich mit den dort ebenfalls refle ctirten Sonnenbildern mischen. Indeſs muſs man wohl eine wichtigen Umstand mit berücksichtigen. Obgleich erst bei de hier betrachteten Lage des Prisma's die vollkommene Reflexion des Lichtstrahls eintritt, so wird doch bekanntlich von einem jeden aus Glas, Wasser oder Eis hervortretenden Lichtstrahl ein sehr bedeutender Theil vor dem Austritte reflectirt, und die ses so reflectirte Licht ist weiſses Licht, und kann durch sei Mischung mit dem rothen und gelben Lichte vielleicht hinre chen, um diesen Ring und die ihm entsprechenden Nebenso nen weiſs zu zeigen. Der von diesen Nebensonnen zuweil gebrauchte Ausdruck: silberweiſs, läſst freilich den Zweifel, diese Erklärung ausreiche, übrig, und ich habe deswegen g sucht, Strahlen, die sich mit diesen vereinigen könnten, Weiſs zu bilden, zu finden, aber ich kann, ohne allzu küns liche Voraussetzungen, keine andere Brechung auffinden, d in 90 Grad Entfernung von der Sonne einen Ring hervorbri gen könnte.

---

1 Hevelii mercurius in sole visus App. p. 171.

2. Die Nebensonnen.

Es ſcheint, daſs dieſe keiner beſondern Erklärung bedürf-n, da ſie gewöhnlich in den Durchſchnittspuncten der Kreiſe ıtſtehen, und man ſich daher ſogleich berechtigt glaubt zu gen, daſs da, wo zwei vereinte Wirkungen ein helleres Licht ırvorbringen, ſich eine Nebenſonne zeigen könne. Aber nicht ımer ſtehen ſie genau auf jenen Durchſchnittspuncten, und eſer Umſtand verdient um ſo mehr eine nähere Betrachtung, er mit der Theorie ſehr gut zuſammen zu ſtimmen ſcheint. h verweile hier nur bei den Nebenſonnen, die ſich in dem eiſsen Horizontalkreiſe zeigen, indem diejenigen glänzenden ellen der Höſe, welche ihren Glanz den Berührungskreiſen ver-nken, nachher erwähnt werden.

Am häufigſten, ja in der That ganz ungemein oft, zeigen h Nebenſonnen horizontal neben der Sonne in ungefähr 22 aden Entfernung von derſelben. Sie zeigen ſich, wenn auch r weiſse Horizontalkreis ſehr ſchwach oder gar nicht erkannt ird, und ſind oft recht deutlich ſichtbar, wenn man auch von m Hofe um die Sonne nur ſchwache Spuren entdeckt. Sie ben ganz genau die Farben, die der erſte Hof zeigt, nur daſs eſe glänzender in den Nebenſonnen erſcheinen. Sie zeigen ch oft mit einem von der Sonne abwärts, dem Horizonte pa-llel gerichteten weiſsen Schweife, der ſich oft durch eine an-hnliche Zahl von Graden fort erſtreckt, und nicht ganz ſelten hen ſie auſserhalb jenes Ringes, deſſen Entfernung wir 22 ade ungefähr fanden[1].

Nach Venturi's Bemerkung ſtehen die Nebenſonnen nur ın auſserhalb des erſten Ringes um die Sonne, wenn dieſe ıeblich hoch ſteht, und er ſucht daher mit Recht den Grund ſer Erſcheinung in dem Umſtande, daſs die Brechung in den tical ſchwebenden Prismen nicht genau in einer gegen die nten ſenkrechten Ebene erfolgt. Da er die Unterſuchung

---

1 Unter den zahlreichen Beobachtungen führe ich nur ſolche die etwas Merkwürdiges haben: Hugen. opp. poſth. 362. Miſcell. olin. VI. 253. Nov. Comm. Petrop. VI. 438. VIII. 392. Ph. Trans. I. 219. XXXI. 312. XXXIV. 257. XL. 59. Mém. de Paris X. und 1735. p. 87. Die Beob. vom 23. Febr. Mém. de Paris 1721. De Zach Corr. X. 534. Transact. of the Iriſh Acad. 1787.

nicht genauer führt, so glaube ich ihre Entwickelung hier mittheilen zu müssen.

Wenn die Sonne sehr niedrig steht, so liegen die Kanten der verticalen Prismen, denen wir die Entstehung des weiſsen Horizontalkreises zuschreiben, fast senkrecht auf die durch die Sonne das Auge und das Prisma gelegte Ebene, und es würden, wenn auch diese verticalen Eisnadeln allein vorhanden wären, sich in dem weiſsen Horizontalkreise in der Entfernung $= 21^\circ 50'$ farbige Nebensonnen zeigen müssen, obgleich der übrige Theil des Ringes um die Sonne dann nicht erschiene. So verhält es sich aber genau genommen nur dann, wenn die Sonne im Horizonte steht, und bei höherem Sonnenstande muſs die Rechnung auf folgende Weise angestellt werden.

Fig. 111. Es sey S A ein auf das verticale Prisma fallender Lichtstrahl, A c die durch den Einfallspunct A auf der Oberfläche des Prisma's gezogene Horizontallinie, A b die horizontale Projection des Strahles. Da das Prisma verschiedene Stellungen haben kann, während es immer vertical bleibt, so ist $bAc = \varphi$ ein veränderlicher Winkel, die Sonnenhöhe $BAS = \alpha$ dagegen ist eine gegebene, beständige Gröſse, und $qAS = 90^\circ - \alpha$, wenn A q vertical mit den Kanten des Prisma's parallel ist. Irgend ein Punct s des Strahles wird durch die drei Coordinaten $Ac = x$, parallel mit der Seite der Grundfläche, c b senkrecht auf die Ebene der Seitenfläche $= x \text{ Tang. } \varphi$, und $bs = x \text{ Sec. } \varphi \text{ Tang. } \alpha$, parallel mit A q, bestimmt.

Es sey A d die Projection des Strahles auf die Seitenfläche, und s d senkrecht auf diese Seitenfläche, so ist $sd = bc$,

$$As = x\sqrt{(1 + \text{Tang.}^2 \varphi + \text{Sec.}^2 \varphi \text{ Tang.}^2 \alpha)}$$
$$= x \text{ Sec. } \varphi \text{ Sec. } \alpha$$

$$\text{Sin. } sAd = \frac{sd}{As} = \frac{\text{Tang. } \varphi}{\text{Sec. } \varphi . \text{Sec. } \alpha} = \text{Sin. } \varphi . \text{Cos. } \alpha = \text{Cos. } sAp,$$

und s A p ist der Einfallswinkel oder A p das Einfallsloth. Ferner ist auch $\text{Tang. } dAc = \text{Cotang. } qAd = \text{Sec. } \varphi . \text{Tang. } \alpha$. Da der gebrochene Strahl A T in derselben, auf die erste Seitenfläche senkrechten Ebene bleibt, und für das Brechungsverhältniſs $= m$

$$\text{Cos. } TAd' = m \text{ Cos. } SAd \text{ ist,}$$

so ist hiermit die Lage des Strahles völlig bestimmt, und da hier $q'Ad' = qAd$ in der Seitenfläche, TAd' in ei-

sie senkrechten Ebene liegt, so ist Cos. T A q' = Cos. T A d'

$$= \frac{\text{Sin. } \alpha . \text{m} . \sqrt{(1 - \text{Sin.}^2 \varphi \text{ Cos.}^2 \alpha)}}{\sqrt{(\text{Sin.}^2 \alpha + \text{Cos.}^2 \varphi . \text{ Cos.}^2 \alpha)}} = \text{m Sin. } \alpha,$$

T A c' = m. Cos. S A c.

en Winkel = ψ zu bestimmen, den die Projection ebrochenen Strahles auf eine mit der Grundfläche pa- ne gezeichnet, mit A C macht, sey A c' = y, c' d' = A d' = y. Sec. φ. Tang. α, und d't = A d'. Tang. T A d',

$$: \text{y} \sqrt{(1 + \text{Sec.}^2 \varphi . \text{ Tang.}^2 \alpha)} . \frac{\sqrt{(1 - \text{m}^2 \text{ Cos.}^2 \text{ S A d})}}{\text{m . Cos. S A d}}$$

l Cos. S A d = $\sqrt{(1 - \text{Sin.}^2 \varphi . \text{ Cos.}^2 \alpha)}$ = α + Cos.² α. Cos.² φ)

$$\text{' t} = \frac{\text{y} . \sqrt{(1 - \text{m}^2 + \text{m}^2 . \text{ Sin.}^2 \varphi \text{ Cos.}^2 \alpha)}}{\text{m. Cos. } \varphi \text{ Cos. } \alpha}$$

$$\text{Tang. b' A c'} = \frac{\text{b' c'}}{\text{A c'}} = \frac{\text{d' t}}{\text{A c'}}$$

$$= \frac{\sqrt{(1 - \text{m}^2 + \text{m}^2 \text{ Sin.}^2 \varphi \text{ Cos.}^2 \alpha)}}{\text{m Cos. } \varphi . \text{ Cos. } \alpha}$$

$$\text{b' A c'} = \frac{\text{m. Cos. } \varphi . \text{ Cos. } \alpha}{\sqrt{(1 - \text{m}^2 \text{ Sin.}^2 \alpha)}} = \text{Cos. } \psi.$$

ist der Winkel, den die Projection des gebrochenen nit der des ungebrochenen macht.

nn nun der bei T heraus ſahrende Strahl so gebrochen ıſs seine horizontale Projection mit der der Seitenlinie ıllelen Tf den Winkel = φ' macht, und seine Neigung ən Horizont = α' ist, so erhellet wohl leicht, daſs für \' C ebenso gut wieder

$$= \frac{\text{m Cos. } \varphi' . \text{ Cos. } \alpha'}{\sqrt{(1 - \text{m}^2 \text{ Sin.}^2 \alpha')}}$$

n würde. Aber

$$\text{b' A' C} = 120^\circ - \text{b' A C}$$

s. b' A' C = $-\frac{1}{2}$ Cos. b' A C + $\frac{\sqrt{3}}{2}$ Sin. b' A C, und es

o

sonne 26 Grade von der wahren Sonne, also 4 Grade auſserhalb des Ringes, was zu der Theorie wohl paſst.

Der Schweif, der sich von den Nebensonnen aus, mit weiſsem Lichte von der Sonne abwärts erstreckt, entsteht dadurch, daſs auch die zunächst über das Minimum der Brechung hinaus neben der Sonne stehenden verticalen Prismen noch immer viel mehr gebrochene Strahlen als die entferntern zum Auge senden.

Bei den Nebensonnen, die auf dem zweiten Hofe um die Sonne in seinem Durchschnitte mit dem Horizontalkreise entstehen könnten, verweile ich nicht. Sie sind selten gesehen worden[1], und würden allenfalls zu Betrachtungen, den eben angestellten ähnlich, Anlaſs geben.

Auch die Gegensonnen (*Anthelii*) geben mir keine Veranlassungen zu ausführlichern Untersuchungen. Sie zeigen sich auf dem weiſsen Horizontalkreise, der Sonne gerade gegenüber und entstehen entweder aus dem Durchschnitte eines horizontalen und verticalen Kreises, oder aus den Durchschnitten der unter Winkeln von 60 Graden gegen einander geneigten Kreise[2].

Desto merkwürdiger sind diejenigen Nebensonnen, die zuweilen etwa 90 Grade von der Sonne entfernt gesehen worden sind. Diese sind so selten, daſs Venturi nur acht Beobachtungen angeben konnte, wo sie gesehen waren, und auch ich kann nicht viel mehrere mittheilen. Bei der Vergleichung dieser Beobachtungen scheint aber Venturi in einen Irrthum gefallen zu seyn, indem er den Abstand von der Sonne, der in einigen Beobachtungen als Azimuthalabstand angegeben ist, immer als Abstand, in Bogen eines gröſsten Kreises gemessen, ansieht. Venturi läſst diese Nebensonne ganz unerklärt; ich will wenigstens die Frage, ob sie sich aus dem Durchschnitte des so selten gesehenen dritten Ringes mit dem Horizontalkreise erklären lassen, etwas näher betrachten. Die Beobachtungen, die meistens ohne genaue Messung angestellt sind, und zum

---

1 Z. B. Dobbs Ph. Tr. 1722. XXXII. 89. Mallet Abh. d. Schwed. Akad. 1763. S. 45. und einige Beobachtungen bei Hugen.

2 Die Beobachtungen sind ziemlich zahlreich, zum Beispiel von Hevelius, Hugen. opp. posth. 332 von Weidler Phil. Tr. 1739. XLI. 221. von Swinton Ph. Tr. 1737. 94. von Hoff in de Zach Corr. X. 534. Schult in Hanst. Mag. 1826. 154.

ıeil nur aus den mitgetheilten Zeichnungen beurtheilt werden nnen, sind folgende: 1684 am 24. Jan, als der Mond nach r Zeichnung zu urtheilen, nicht volle 30 Grade hoch stand, ıren diese Nebenmonde im Azimuth 120 Grade von ihm entnt[1]. Scheiner's Beobachtung ist in einer so unvollkommen Zeichnung dargestellt, daſs man den Abstand, auch nur en hin, reichlich so groſs als in der vorigen Beobachtung, stimmen kann[2]. Hevelius giebt diesen Nebensonnen 90 Grade stand, indem er sie auf dem Kreise sah, von dem er anbt, daſs er durch den Pol der Ekliptik ging[3]. Bei der Beachtung eines Ungenannten am 9. April 1666 stand die Sonne Gr. hoch, die Nebensonne ist in einem sehr groſsen Azimulabstande von der wahren Sonne gezeichnet[4]. Whiston's obachtung kann gar nichts entscheiden, da er selbst den eifel äuſsert, daſs seine, nach Augenmaſs gemachte Zeichnung Entfernung vielleicht zu groſs angebe[5]. Mallet benmte am 5. März 1763 um 10 Uhr in Upsala den Azimuthalstand 124 Grade, jedoch mit einer auf einige Grade gehenden sicherheit, weil er das Meſs-Instrument in freier Hand hielt. chmittags um 2 Uhr fand er diese Winkel nur 100 Grade, so ſs er also bei gleicher Sonnenhöhe sehr verschieden auszufalı schiene[6]. Hamilton hat bei einer Beobachtung am 24. Sept. 83 den Abstand mit den Spiegelsextanten = 90° gefunden, ıd dieses ist offenbar der Bogen eines gröſsten Kreises[7]. Baxr sah sie bei etwa 20 Graden Sonnenhöhe mitten zwischen r Gegensonne und der Nebensonne im ersten Ringe. Setze ı also den letzteren Azimuthalabstand beinahe = 24°, so irde der Azimuthalabstand der hier zu betrachtende = 102°.[8] witz, welcher aber auch nicht gemessen hat, und überdies ht angiebt, für welchen Zeitpunct, oder für welche Sonnenhe seine Zeichnung gilt, giebt ihm in seiner Zeichnung einen

1 G. XVIII. 105.
2 Cartes. Meteor. Cap. 10.
3 Mercur. in sole visus. in Append. und Hugen. p. 332.
4 Ph. Tr. I. 219.
5 Ph. Tr. 1727. XXXIV. 258.
6 Abh. d. Schwed. Acad. 1763. S. 44.
7 Transact. of the Irish Acad. 1787.
8 Phil. Tr. 1787. 44.

möglich, eine sichere Entscheidung über diesen Gegenstand z geben[1].

4. Die Berührungskreise.

Den schwierigsten Theil des Phänomens machen die Berührungskreise aus. Ich will zuerst bei denen verweilen, welch ihren Berührungspunct am ersten oder zweiten Ringe in den durch die Sonne gehenden Verticalkreise haben, und dabei zu erst bemerken, daſs die Erklärung, die man für sie aufsuche mag, nothwendig sich genau an die Erklärung der Ringe an schlieſsen muſs; denn diese gegen die Sonne convexen Kreisbogen bieten, auch wenn sie allein erscheinen, genau die Farben, wie die ihnen zugehörigen Ringe, dar[2]. Meistens schein die Berührung so statt zu finden, daſs das Roth des Ringes vo dem Roth des Berührungskreises berührt wird, das Blau i jenem von dem Blau in diesem, aber zuweilen ist das nicht s genau der Fall, sondern Musschenbroek sah[3] einmal das Roth des Berührungskreises sich mit dem Blau des zweiten Ringes mischen.

Diese gegen die Sonne convexen Bogen werden öfters, als

---

1 Noch eine Vermuthung mag hier erwähnt werden. Wir werden sogleich sehen, daſs die Ringe um die Sonne zuweilen in 60 Grad Abstand von ihrem höchsten oder tiefsten Puncte von andern Kreisen berührt werden, und solche Berührungskreise kann es wohl auch a

Fig. 112. diesem dritten Ringe geben. Wäre also ASB = 60 Grade, so wäre es drei Kreise (der Horizontalkreis, der dritte Ring und dieser Berührungskreis), die in B das Licht verstärkten. Wenn SA = SB = 87°, ASB = 60°, so wird ZB = ZS, wenn beide = 62° 13′ sind; da

$$\text{Cos. } ZB = \text{Cos. } ZS \text{ Cos. } 87^\circ + \text{Cos. } 60^\circ \text{ Sin. } ZS \text{ Sin. } 87^\circ,$$

$$\text{also für } ZS = ZB \text{ Tang. } ZS = \frac{1 - \text{Cos. } 87^\circ}{\frac{1}{2} \text{ Sin. } 87^\circ} = 0{,}2783.$$

Bei einer Sonnenhöhe von 27° 47′, oder oberflächlich bei eine Sonnenhöhe von 26 bis 30 Graden findet also diese Verstärkung statt bei gröſserer Sonnenhöhe entfernt sich der Berührungspunct am Ring unterhalb des Horizontalkreises und der Berührungs – oder Durchschnittspunct mit dem Horizontalkreise rückt näher zur Gegensonne hin.

2 Auſser den schon angeführten sehr vollständigen Erscheinungen, vergl. über diese Bogen: Act. Erud. 1726. 223. Ph. Tr. XXXI 212. Ph. Tr. 1737. XL. 54. 59. Mém. de Paris. 1721. 231. 1735. 87 Ph. Tr. 1787. 44. G. XVIII. 88. Hansteen's Magazin. 1826. I. 179.

3 Mém. de Paris 1735. 87. die Beobachtung vom 1. Mai.

as Zenith zum Mittelpuncte habend angegeben; aber selbst bei en am obern Puncte berührenden Kreisen sieht man aus meh- eren Beobachtungen, daſs dieser Umstand kein constanter ist, ondern daſs die Mittelpuncte dieser Bogen zwar in dem durch ie Sonne gehenden Verticalkreise, aber nicht genau im Zenith egen, und bei den Kreisen, die im unteren Puncte der Ringe vie es Fig. 103 am innern Ringe zeigt) berühren, findet dieses fenbar gar nicht statt.

Dieser Umstand widerlegt eine, sonst ungemein sich em- fehlende Meinung Fraunhofer's über die Entstehung dieser erührungskreise, die ich hier anführe, weil vielleicht in der ähe der Berührungspuncte einige Verstärkung des Bogens, der s andern Umständen entstehen muſs, so hervorgehen kann. raunhofer macht nämlich die Bemerkung, daſs die Strahlen, elche dem Auge den weiſsen Horizontalkreis darstellen, wenn e auf Eisprismen fallen, ähnlichen Brechungen wie die Son- nstrahlen selbst unterworfen sind. Kämen also nur aus einer nzelnen Gegend (von einem kleinen Stücke des Horizontal- eises her) solche Lichtstrahlen, so würden sie einen eben lchen Ring darstellen (wenn gleich schwächer), wie wir um e Sonne selbst sahen. Jeder Theil des Horizontalkreises bringt er solche Ringe hervor, und diese bedecken daher den gan- n Himmel bis zu 22 Grad Entfernung vom Horizontalkreise, t aber zeigt sich uns der Rand dieser vereinten Ringe. Und s, was so in 22 Gr. Abstand eintritt, das findet auch in 44 . Abstand wieder statt. Diese Erklärung hätte sehr viel An- kendes, wenn nicht die Form des untern Berührungskreises nz dagegen spräche.

Venturi nimmt bei der Erklärung, die wohl ohne Zweifel t findende Zuspitzung der Eisprismen zu Hülfe, und wählt bequemern Darstellung wegen sechsseitige Prismen mit hsseitigen Pyramidenspitzen, deren Ebenen er 120° geneigt en die zugehörigen Seitenflächee des Prisma's annimmt. enn diese Prismen vertical schweben, so ist es allerdings ntig, daſs der Winkel von 60 Graden, welchen die Pyramiden- e mit der gegenüber liegenden Seite des Prisma's macht, n Sonnenbild näher als 22 Gr. bei der Sonne geben kann, s aber Prismen, die in gröſserem Abstande von der Sonne in emessener Stellung den Strahl dem Auge zusenden, uns auch gefärbte Bilder zeigen können; diese, gewiſs nicht unrich-

tige, Behauptung bestätigt er mit einem Versuche, wo ein mit Wasser gefülltes Prisma, das sich in eine Pyramide endigte, die Stelle des Eisprisma's vertrat. Aber obgleich solche Prismen Sonnenbilder, vermöge der auf die Spitze auffallenden Strahlen, geben, so scheint mir doch der convexe Bogen damit nicht erklärt zu seyn. Da nämlich dieser Bogen, so viel mir bekannt ist, genau eben die Färbung hat, wie der Ring, an welchem er berührend ist, so muſs er, meiner Meinung nach, beim ersten Ringe als ein Minimum der Brechung erklärt werden, und da läſst sich leicht Folgendes übersehen. Wenn alle diese Pyramidenspitzen unter 60 Graden gegen die Verticallinie geneigt sind, und die zugehörigen Seitenflächen sind vertical, so giebt es nur eine einzige Azimuthalstellung, bei welcher sich ein Sonnenbild zeigt, das jenem Minimum entspräche, und wenn man dieses Bild bei einer gewissen Lage des Prisma's oder der Pyramidenspitze sieht, so darf man das Prisma nicht von diesem Puncte entfernen, ohne es zu verlieren. Soll sich in mehreren Orten ein solches, dem Minimum der Brechung entsprechendes Bild zeigen, so muſs sich mit verändertem Orte des Prisma's nicht bloſs die Azimuthallage der Seite des Prisma's ändern, sondern auch die Neigung seiner Seitenfläche, die wir übrigens immer als unter 60 Grade gegen einander geneigt ansehen. Statt Venturi's Gedanken weiter zu verfolgen, will ich daher untersuchen, wiefern die horizontal liegenden dreiseitigen Prismen selbst solche Berührungsbogen an den Ringen um die Sonne hervorbringen können; denn daſs horizontale Prismen dabei ihre Wirkung zeigen, läſst sich aus der Lage des Berührungspunctes schlieſsen, der in den gewöhnlichen Fällen entweder der höchste oder der tieſste Punct des Ringes ist.

Fig. 113. Es sey also eine Seite AEFB unter dem Winkel $= \beta$ gegen den Horizont geneigt, die Neigung der Ebene ABCD $= 120° - \beta$. In T treffe der Lichtstrahl ST die erstere, und es sey durch T die Ebene bfc senkrecht auf die Seitenflächen gelegt; in dieser Ebene bfc sey TN horizontal gezogen, dagegen sey STL $= \alpha$ die Sonnenhöhe, und der horizontale Winkel NTL $= \varphi$ gebe die Azimuthallage der Ebene bcf in Vergleichung gegen das Azimuth der Sonne an. Jeder Punct S des Strahles ist durch die drei Coordinaten Tv $= x$, vu $= x$. Tang. φ, us $= x$ Sec. φ Tang. α bestimmt, und wenn man ss' senkrecht auf die Ebene bcf zieht, so ist Ts' die Projection des Strahles auf diese Ebene und es ist

$s' \; T \; v = \text{Sec.}\, \varphi \; \text{Tang.}\, \alpha;$

$s' \; T \; f = \beta + s' T v,$

$$s' \; T \; v = \frac{\text{Sin.}\, \alpha}{\sqrt{(\text{Sin.}^2 \alpha + \text{Cos.}^2 \varphi \; \text{Cos.}^2 \alpha)}}$$

$$s' \; T \; v = \frac{\text{Cos.}\, \alpha \; \text{Cos.}\, \varphi}{\sqrt{(\text{Sin.}^2 \alpha + \text{Cos.}^2 \alpha \; \text{Gos.}^2 \varphi)}}$$

$$. \; s' \; T \; f = \frac{\text{Sin.}\, \beta \; \text{Cos.}\, \alpha \; \text{Cos.}\, \varphi + \text{Cos.}\, \beta \; \text{Sin.}\, \alpha}{\sqrt{(\text{Sin.}^2 \alpha + \text{Cos.}^2 \alpha \; \text{Cos.}^2 \varphi)}}$$

$$. \; s' \; T \; f = \frac{\text{Cos.}\, \beta \; \text{Cos.}\, \alpha \; \text{Cos.}\, \varphi - \text{Sin.}\, \beta \; \text{Sin.}\, \alpha}{\sqrt{(\text{Sin.}^2 \alpha + \text{Cos.}^2 \alpha \; \text{Cos.}^2 \varphi)}}$$

$$. \; s' \; T \; s = \frac{s' s'}{T s'} = \frac{v u}{T s'}$$

$$= \frac{\text{Tang.}\, \varphi}{\sqrt{(1 + \text{Sec.}^2 \varphi \; \text{Tang.}^2 \alpha)}}$$

$$= \frac{\text{Sin.}\, \varphi \; \text{Cos.}\, \alpha}{\sqrt{(\text{Cos.}^2 \varphi \; \text{Cos.}^2 \alpha + \text{Sin.}^2 \alpha)}}$$

s. $s' \; T \, s = \sqrt{(\text{Sin.}^2 \alpha + \text{Cos.}^2 \alpha \; \text{Cos.}^2 \varphi)}$

Einfallsloth liegt in eben dieser Ebene b f c und ist auf
cht; der Winkel, den s′T mit demselben macht, ist
0° — f T s′, und wenn ich dieses Einfallsloth mit T p
:, so ist

$$\text{Cos.}\; S T p = \text{Cos.}\; p T s' . \text{Cos.}\; s T s'$$
$$= \text{Sin.}\, \beta \; \text{Cos.}\, \alpha \; \text{Cos.}\, \varphi + \text{Cos.}\, \beta \; \text{Sin.}\, \alpha.$$

ser Winkel mag ω heiſsen, und es ist bekannt, daſs
gebrochenen Strahl T t,
$\text{'} = \text{m. Sin.}\, \omega$. Da der gebrochene Strahl in der Ebene
ibt, deren Neigung = i gegen b f c aus dem vorigen
ı wird, so läſst sich die Projection des gebrochenen
auf b f c und die Neigung des gebrochenen Strahles gegen
e Projection angeben. Es ist nämlich

$$\text{ı. i} = \text{Sin.}\; S T p s' = \frac{\text{Sin}\; s' T s}{\text{Sin.} S T p} = \frac{\text{Sin.}\, \varphi \; \text{Cos.}\, \alpha}{\text{Sin.}\, \omega}$$

ın so gut auch

$$\text{n. i} = \frac{\text{Sin.}\; t T t'}{\text{Sin.}\; t T p'} = \frac{\text{Sin.}\; t T t'}{\text{m. Sin.}\, \omega},$$

$\text{a.}\; t T t' = \text{m. Sin.}\, \varphi \; \text{Cos.}\, \alpha = \text{m. Sin.}\; s' T s.$

$$\text{ıer Cos.}\; t' T p' = \frac{\text{Cos.}\; t T p'}{\text{Cos.}\; t T t'}$$

$$= \frac{\sqrt{(1 - m^2 . \text{Sin.}^2 \omega)}}{\sqrt{(1 - m^2 . \text{Cos.}^2 \alpha \text{Sin.}^2 \varphi)}}$$

$$\text{Sin. } t' T p' = \frac{m \sqrt{(\text{Sin.}^2 \omega - \text{Cos.}^2 \alpha \text{ Sin}^2 \varphi)}}{\sqrt{(1 - m^2 \text{Cos.}^2 \alpha \text{ Sin.}^2 \varphi)}}$$

$$\text{oder Sin. } t' T p' = \frac{m (\text{Cos. } \alpha \text{ Cos. } \beta \text{ Cos. } \varphi - \text{Sin. } \alpha \text{ Sin. } \beta)}{\sqrt{(1 - m^2 \text{ Cos.}^2 \alpha \text{ Sin.}^2 \varphi)}}$$

Da für den hier zu betrachtenden Fall eines Minimum der Brechung gewiſs t′ T mit c f parallel seyn muſs, so ist Sin. t′ T p′ = Sin. 30° = ½ und φ wird durch die Gleichung

$$\frac{1}{4} = \frac{m^2 (\text{Cos. } \alpha \text{ Cos. } \beta \text{ Cos. } \varphi - \text{Sin. } \alpha \text{ Sin. } \beta)^2}{1 - m^2 \text{ Cos.}^2 \alpha \text{ Sin.}^2 \varphi}$$

gefunden, also

$$1 - m^2 \text{ Cos.}^2 \alpha \text{ Sin.}^2 \varphi = 4 m^2 \text{ Cos.}^2 \alpha \text{ Cos.}^2 \beta \text{ Cos.}^2 \varphi$$
$$- 8 m^2 \text{ Sin. } \alpha \text{ Cos. } \alpha \text{ Sin. } \beta \text{ Cos. } \beta \text{ Cos. } \varphi + 4 m^2 \text{ Sin.}^2 \alpha \text{ Sin.}^2 \beta.$$
$$1 - m^2 \text{ Cos.}^2 \alpha - 4 m^2 \text{ Sin.}^2 \alpha \text{ Sin.}^2 \beta$$
$$= m^2 \text{ Cos}^2 \varphi (4 \text{ Cos.}^2 \beta - 1) \text{ Cos.}^2 \alpha$$
$$- 8 m^2 \text{ Cos. } \varphi \text{ Sin. } \alpha \text{ Cos. } \alpha \text{ Sin. } \beta \text{ Cos. } \beta.$$

Hiedurch ist φ eine gegebene Gröſse, die bei gegebener Sonnenhöhe für jeden Werth von β einen andern Werth erhält. Aber durch eben diese Ausdrücke, die hier Sin. t′ T p′ und Cos. b T t′ bestimmten, wird auch Cos b t′ T gefunden, wenn α' die Neigung des ausfahrenden Strahles gegen den Horizont, φ' den Azimuthalwinkel bedeutet, den der ausfahrende Strahl mit der Ebene b f c macht; statt β muſs aber dann $\beta' = 120° - \beta$ gesetzt werden, weil dies die Neigung der zweiten Ebene ist. Man hat also

$$\text{Cos. } b t' T = \frac{m (\text{Cos. } \alpha' \text{ Cos. } \beta' \text{ Cos. } \varphi' - \text{Sin. } \alpha' \text{ Sin. } \beta')}{\sqrt{(1 - m^2 \text{ Cos.}^2 \alpha' \text{ Sin.}^2 \varphi')}}$$

und Sin. t T t′ = m Sin. φ' Cos. α'; da dieses = m Sin. φ. Cos. α seyn muſs, so ist

$$\text{Cos. } \alpha' = \frac{\text{Sin. } \varphi \text{ Cos. } \alpha}{\text{Sin. } \varphi'}$$

und der Nenner in Cos. b t′ T ist genau dem in Sin. t′ T p′ gleich, also Cos. α Cos. β Cos. φ — Sin. α Sin. β

$$= \text{Cos. } \alpha' \text{ Cos. } \beta' \text{ Cos. } \varphi' - \text{Sin. } \alpha' \text{ Sin. } \beta'$$

woraus α' und φ' gefunden werden.

Um hier nur einige Beispiele zu geben, sey erstlich α = 0 oder die Sonne im Horizonte; dann gehören folgende Zahlen zusammen:

β		φ		α′		φ′	
49°	5′	0°	0′	21°	50′	0°	0′
48	0	17	55	22	37	19	23
46	0	28	40	24	20	31	46
43	0	37	34	26	20	42	52
40	0	43	12	27	56	50	47
30	0	53	15	31	13	69	33

Es zeigt sich also ein den Ring oben berührender Bogen, ler aber kein horizontaler Kreis ist, sondern in den Azimuthal-Abständen $\varphi' - \varphi$

$= 1° 28'$; $0° 47'$ höher,
$= 3 \quad 6 \quad 2 \quad 30$ höher,
$= 5 \quad 18 \quad 4 \quad 30$ höher,
$= 7 \quad 35 \quad 6 \quad 6$ höher,
$= 16 \quad 18 \quad 9 \quad 23$ höher liegt,

n diesem Abstande aber wegen der groſsen Werthe von φ schon ehr matt werden muſs.

Es sey zweitens $\alpha = 30°$, so ergeben sich folgende Zahlen.

β		φ		α′		φ′	
19°	5′	0°	0′	51°	50′	0°	0′
17	0	18	6	51	40	25	48
15	0	24	57	51	44	36	9
13	0	30	1	51	29	44	6
10	0	35	56	51	7	53	26
5	0	43	22	49	41	66	50
0	0	49	4	47	51	77	9

Der Bogen ist hier also beinahe horizontal, indem seine Iöhe in $17\frac{1}{2}$ Gr. Azimuthal-Abstand sich erst um 43′ geändert hat.

Es sey drittens $\alpha = 50°$.

β		φ		α′		φ′	
— 0°	55′	0°	0′	71°	50′	0°	0′
— 3	0	19	21	70	12	38	58
— 7	0	32	25	67	17	63	16
— 10	0	39	21	65	1	74	47

In diesem dritten Falle liegt also, wenn man den Berührungsbogen als einen ungefähren Kreisbogen betrachtet, der Iittelpunct jenes Bogens ziemlich weit jenseits des Zeniths.

Für den am untern Puncte berührenden Bogen muſs man ast ganz genau eben so rechnen, nur wird jetzt statt

s′Tf; s′Tb = β — s′Tv vorkommen. Als Beispiel habe ich für die Sonnenhöhe α = 30° gerechnet, und finde:

α = 30°

β		φ		α′		φ′	
100°	55′	0°	0′	8°	10′	0°	0′
100	0	25	15	6	55	21	51
99	0	36	4	5	33	30	49
97	0	50	29	2	58	41	59

Dagegen für α = 35° werden folgende Werthe statt finden:

β		φ		α′		φ′	
84°	5′	0°	0′	13°	10′	0°	0′
85	0	21	16	12	28	17	43
86	0	30	19	11	46	24	59
90	0	50	33	9	40	39	55
95	0	64	18	7	52	48	9
100	0	73	26	7	20	52	20

Bei 30 Grad Sonnenhöhe zeigt sich dieser Bogen also sehr einem Kreisbogen ähnlich, indem in dem Azimuthal-Abstande = 3° 24′ der Bogen um 1° 15′; in dem Abstande = 8° 30′ der Bogen um 5° 12′ herabgegangen, also nach oben convex ist; — eigentlich nicht ganz so viel, als ein Kreisbogen es seyn würde. Aber bei gröſseren Sonnenhöhen müſste, wie die Rechnung zeigt, die Abweichung vom Kreisbogen gegen die Enden hin merklicher werden, und man sollte wohl den im höchsten Puncte nach oben convexen Bogen weiter hin eine entgegengesetzte Krümmung zeigend wahrnehmen. Bei 35° Höhe gehören zusammen:

Azimuthal-Abstand vom höchsten Puncte.		Unterschied der Höhe.	
3°	33′	0°	42′
5	20	1	24
10	38	3	30
16	9	5	18
21	6	5	50

Bis zu 10 oder 15 Graden Azimuthal-Abstand bemerkt man diese Hinneigung zu einer entgegengesetzten Krümmung noch nicht sehr; es wäre also näher zu untersuchen, ob die Beobachtungen bei gröſserer Sonnenhöhe eine solche Krümmung andeuten. Sehr glänzend muſs der unten angefügte convexe Bogen seyn, besonders da, wo er sich an den Ring anschlieſst; denn

wenn ich 30° Sonnenhöhe annehme, und die Strahlen betrachte, welche die Prismen treffen, bei denen $\varphi = 0$ bis 25 Grade ist, so vereinigen diese im untern Bogen ihr Licht auf einem Bogen von $3\frac{1}{3}$ Graden, im obern Bogen auf einem Bogen von 11 Graden. Dieses stimmt mit Lowitz, der diesen Bogen sehr glänzend nennt, zusammen; aber sein gezeichneter Kreisbogen dürfte, wenn die Rechnung richtig ist, nicht ganz so tief sich herab erstrecken. — Künftige Beobachtungen werden also hier erst genauere Bestimmungen ergeben müssen.

Eben diese Erklärung müssen wir nun auch auf die Berührungskreise des zweiten Ringes anzuwenden suchen. Wenn hier der Strahl nicht mehr soll hervorgehen können, so müſste ler auf α' und β' angewandte Ausdruck für Sin. STp gröſser ls 1 seyn, und es muſs also für die Grenze, Sin. β' Cos. α' Cos. φ' = Sin. α' Cos. β' seyn, indem ich α' aus leicht erhellenden Gründen negativ erhalte, wie es auch bei dem obigen Zahlenbeispiele sich ergab. Das gäbe

$$\text{Cos. } \varphi' = \text{Tang. } \alpha' \text{ Cos. } \beta',$$

ınd da auch hier $\text{Sin. } \varphi' = \dfrac{\text{Sin. } \varphi \text{ Cos. } \alpha}{\text{Cos. } \alpha'}$ ist,

und ferner $bt'T = 120° - bTt' = 30° + p'Tt'$,
so ist $m\,(\text{Cos. } \alpha' \text{ Cos. } \beta' \text{ Cos. } \varphi' + \text{Sin. } \alpha' \text{ Sin. } \beta')$
$= \text{Cos. } 30° \text{ Cos. } p'Tt' - \text{Sin. } 30° \text{ Sin. } p'Tt'$,
oder $\text{Cos. } \alpha' \text{ Cos. } \beta' \text{ Cos. } \varphi' + \text{Sin. } \alpha' \text{ Sin. } \beta'$

$$= \text{Cos. } 30° \sqrt{\left(\frac{1}{m^2} - 1 + (\text{Cos. } \alpha \text{ Sin. } \beta \text{ Cos. } \varphi + \text{Sin. } \alpha \text{ Cos. } \beta)^2\right)}$$
$$- \text{Sin. } 30° \,(\text{Cos. } \alpha \text{ Cos. } \beta \text{ Cos. } \varphi - \text{Sin. } \alpha \text{ Sin. } \beta)$$

o der erste Theil durch den Werth von Cos. φ' in Sin. α' Cosec. β' ergeht; aus diesen drei Gleichungen müſsten bei gegebenem und β, die Gröſsen α', φ, φ' gefunden werden.

Soll $\varphi' = 0$ und $\varphi = 0$ seyn, so ist $\alpha' = \beta'$, wie es ich ganz richtig ist, und die letzte Gleichung giebt dann

$$\text{Cos. } (\alpha' - \beta') = \text{Cos. } 30° \sqrt{(1 - m^2 \text{ Cos.}^2 (\alpha + \beta))}$$
$$- m \text{ Sin. } 30° \text{ Cos. } (\alpha + \beta).$$

Da in diesem Falle $\alpha + \beta$ der Winkel des einfallenden rahls mit der Seitenfläche ist, so hat man, wenn σ den Winkel des gebrochenen Strahls mit der Seitenfläche bezeichnet, s. $\sigma = m.$ Cos. $(\alpha + \beta)$ und $m = \text{Cos. } 30° \text{ Sin. } \sigma - \text{Sin. } 30° \text{ Cos. } \sigma$ $= \text{Sin. } (\sigma - 30°)$ oder $m = \text{Cos. } (120° - \sigma)$, wie es da der

zum zweitenmale gebrochene Strahl in der Seitenfläche liegen soll, ganz richtig ist.

Um nun den so entstehenden Bogen in einigen Fällen kennen zu lernen, sey $\alpha = 0$, so gehören folgende Werthe zusammen:

β	φ	α'	φ'
76° 32′	0° 0′	43° 28′	0° 0′
75 55	10 0	43 18	13 47
73 50	20 0	42 40	27 43
69 44	30 0	41 45	42 5
62 49	40 0	40 4	57 8

Der Bogen ist also nicht ganz horizontal, sondern geht auf 17 Gr. Azimuth um 3° 24′ herabwärts; man wird den Bogen also als einen Kreisbogen ansehen, dessen Mittelpunct etwas jenseits des Zeniths liegt.

Es sey zweitens $\alpha = 30°$.

β	φ	α'	φ'
46° 32′	0° 0′	73° 28′	0° 0′
46 8	4 0	73 25	12 17
45 50	10 0	72 0	29 8
42 55	20 0	68 35	54 12
37 20	30 0	63 12	73 50

Dieser Bogen ist der horizontalen Richtung näher als der vorige, indem er auf 19 Gr. Azimuth nur 1½ Gr. herabwärts geht.

Bei dem zweiten Ringe, der die Sonne concentrisch umgiebt, fanden wir, daſs er aus den vereinigten Strahlen entstände, die theils der Grenze der Brechung, theils einer zweimaligen, dem Minimum gemäſsen Brechung entspräche, und etwas Aehnliches müſste auch hier statt finden, da der berührende Bogen eben die Farben, wie jener Ring, zeigt; aber hier bietet sich eine Schwierigkeit dar, indem die Lichtstrahlen bei der zweiten Brechung mehr zerstreut werden, als es bei jenem Ringe der Fall war. Treffen nämlich, um ein Beispiel anzuführen, die Sonnenstrahlen bei 30 Grad Sonnenhöhe auf ein Prisma, dessen Lage durch $\beta = 15°$ und $\varphi = 25°$ gegeben ist, so gehen die wirksamen Strahlen so fort, daſs $\alpha' = 51°\ 44'$, $\varphi' = 36°\ 9'$ ist, und wenn diese Strahlen auf Prismen treffen, die senkrecht gegen den Lichtstrahl liegen, und für die $\beta = -2°\ 45'$ ist, so bleibt der dem Minimum der Brechung entsprechende Strahl in eben der Vertical-Ebene und

kommt aus einer scheinbaren Höhe $= 51° \, 50' + 21° \, 50' = 73° \, 40'$ zum Auge; aber bei anderer Lage, bei einem andern Werthe von φ, giebt es ebenfalls einen dem Minimum entsprechenden Werth von β, welchem dann eine in Azimuth und Höhe andere Lage des zweimal gebrochenen Strahls entspricht, und so entsteht eine Zerstreuung, die freilich auch bei dem zweiten Ringe, jedoch nicht ganz so stark, statt ſindet. Die Vereinigung dieser wirksamen Strahlen nach zwei Brechungen mit jenen vorhin berechneten letzten hervorgehenden Strahlen kann daher nur unter gewissen Umständen statt ſinden. Unter den Prismen, die von dem schon gebrochenen Strahle getroffen werden, sind gewiſs eben so viele, die $\varphi = 0$, als die $\varphi = 10°$, $\varphi = 20°$ und so ferner, geben; aber alle von $\varphi = 0$ bis $\varphi = 20°$ geben der Richtung des auffallenden Strahles einen gleichen Höhenwinkel und keine groſse Aenderung des Azimuthalwinkels; diese Prismen kommen also vorzugsweise in Betrachtung, und obgleich der von $51° \, 44'$ Höhe kommende Strahl auch durch andere Prismen so gebrochen werden kann, daſs er als ein wirksamer Strahl anzusehen wäre, wenn diese Prismen allein da wären, so ist doch für $\varphi = 0$ bis $\varphi = 10°$ die Lichtstärke viel auffallender als bei andern Werthen. Hiernach, scheint es mir, kann man annehmen, daſs die dem ersten Berührungsbogen entsprechenden Strahlen nach abermaliger Brechung einen um $21° \, 50'$ oberhalb jenem liegenden zweiten Bogen darstellen könnte, und das gäbe folgende Vergleichung, wenn ich hier die vorhin berechneten Höhen im zweiten Bogen mit α'', das Azimuth mit $\varphi'' - \varphi$ bezeichne, und die der jetzigen Betrachtung entsprechenden $= \alpha'''$ und $= \varphi''' - \varphi = \varphi' - \varphi$ setze:

Für $\alpha = 0°$

φ	α'	$\varphi' - \varphi$	α''	$\varphi'' - \varphi$	α'''	$\varphi''' - \varphi$
0° 0′	21° 50′	0° 0′	43° 28′	0° 0′	43° 40′	0° 0′
10 0	. . .	. . .	43 18	3 47		
17 55	22 37	1 28	. . .	. . .	44 27	1 28
20 0	. . .	. . .	42 40	7 43		
28 40	24 20	3 6	. . .	. . .	46 10	3 6
30 0	. . .	. . .	41 45	12 5		
37 34	26 20	5 18	. . .	. . .	48 10	5 18
40 0	. . .	. . .	40 4	17 8		
43 12	27 56	7 35				
53 15	31 13	16 18				

Hier fände also kein Zusammentreffen statt, und bei so niedriger Stellung der Sonne könnten beide Erscheinungen sich nicht gegenseitig verstärken.

Für $\alpha = 30°$ ist es anders:

φ	α'	$\varphi'-\varphi$	α''	$\varphi''-\varphi$	α'''	$\varphi'''-\varphi$
0° 0′	51° 50′	0° 0′	73° 28′	0° 0′	73° 40′	0° 0′
4 0	. . . .	. . . .	73 25	8 17		
10 0	. . . .	. . . .	72 0	19 8		
18 6	51 50	7 43	. . . .	. . . .	73 40	7 43
20 0	. . . .	. . . .	68 35	34 12		
24 57	51 44	11 12	. . . .	. . . .	73 34	11 12
30 1	51 29	14 5	. . . .	. . . .	73 19	14 5
35 56	51 7	17 30	. . . .	. . . .	72 57	17 30

Für gleiche Azimuthe $\varphi'' - \varphi = \varphi''' - \varphi$ findet man hier folgendes.

$\varphi''-\varphi$	α''	α'''
0 0	73° 28′	73° 40′.
8 0	73 25	73 40
11 0	73 0	73 34
14 0	72 40	73 19
17 30	72 12	72 57

Also ein viel näheres Zusammentreffen, das vielleicht bei etwas veränderter Sonnenhöhe noch genauer wird.

Es sey mir jetzt erlaubt, noch etwas über die übrigen Berührungsbogen zu sagen. Ich erinnere mich keiner Beobachtung, wo am innern Ringe an andern Stellen solche Bogen angegeben wären; aber ich vermuthe, daſs die von Lowitz beobachteten, in Fig. 103. mit xi, yk bezeichneten Bogen solche Berührungsbogen waren, und daſs die Nebensonnen x, y, verschwanden, als bei höherem Steigen der Sonne diese Kreise nicht mehr den Horizontalkreis berührten. Daſs die den zweiten Ring berührenden Kreise tt, vv gerade da zu berühren scheinen, wo der Bogen zw = 120° ist, habe ich schon oben bemerkt, und gezeigt, daſs, wie auch diese Berührungskreise erklärt werden mögen, wohl gewiſs eben die Erklärung, welche für die oben betrachteten Berührungsbogen statt findet, auch hier anwendbar seyn würde, nämlich mit Hülfe der Eisnadeln, die 60 Gr. gegen die vorigen geneigt sind. Es würde hier eine eben solche Berechnung der Form dieser Bogen zu führen seyn wie vorhin, und sowohl die Lowitz'sche, als auch die Nor-

wegische Beobachtung könnte zur Vergleichung mit der Theorie dienen.

Ich muſs hier, um nicht allzu weitläuftig zu werden, die Untersuchung abbrechen, und bemerke nur, daſs Beobachtungen, bei denen möglichst genaue Messungen angestellt wären, erforderlich sind, um die Richtigkeit der bisher erörterten Theorie zu prüfen; da aber das Phänomen bei jeder veränderten Sonnenhöhe ein anderes wird, so müſste man die Zeiten, wo die einzelnen Messungen statt fanden, zugleich mit angeben, und könnte dann Messungen in Rechnung ziehen, die auch nicht bei gleicher Sonnenhöhe angestellt sind.

Einige andere beobachtete Erscheinungen will ich nun noch anführen und zum Theil zu erklären suchen.

Nach Aepinus Erzählung [1] sieht man nicht ganz selten einen chwachen elliptischen Bogen b d c, der den ersten kreisförmi- Fig.
jen Ring i d k umgiebt. Der mondförmige Raum zwischen bei- 103.
en ist heller als der innerhalb des Kreises liegende, und auch ier ist der elliptische, gewöhnlich sehr matte Ring, innen roth, uſsen bläulich weiſs. Aehnliche Erscheinungen sind auch von ndern gesehen [2]. An diese Beobachtungen schlieſsen sich die rscheinungen an, wo ein zweifacher oder dreifacher Kreis tatt des gewöhnlichen einfachen ersten Ringes gesehen ist [3].

Wären diese ganzen Kreise (deren Schult einen um die Sonne als Centrum, einen, dessen Centrum etwas rechts, einen, essen Centrum etwas links von der Sonne lag, beobachtete), icht gesehen worden, so würde man diese Ellipse auf folgende Veise erklären. Wir haben gesehen, daſs verticale Nadeln bei ohem Sonnenstande eine Nebensonne auſserhalb des kreisförigen Ringes, horizontal neben der Sonne, hervorbringen; ären also Nadeln etwas von der verticalen Stellung abweichend hinreichender Anzahl vorhanden, so würden diese auch Nensonnen, an jene angereihet, hervorbringen, und wenn man die schief stehenden Nadeln, allmälig immer mehr von der

---

1 Nov. comm. Petrop. VIII. 392.

2 Ph. Tr. I. 219. Nov. Comm. Petrop. X. 375. Ph. Tr. 1761. 3. :t. Erud. I. 308. Hugen. p. 348. Edinb. Journ. of Science IX. 89. d XIII. 113.

3 Aepinus führt eine solche von Scheiner angestellte Beobachng an. Daſs Lowitz und Schult solche Kreise sahen, habe ich hon erwähnt.

Verticallinie abweichend, annimmt, so erhält man einen elliptischen Ring, in dessen Durchschnitte mit dem Horizontalkreise die lebhaftern Nebensonnen stehen, weil ohne Zweifel der verticalen Nadeln mehrere, als der übrigen, vorhanden sind.

Auf diese Weise mögen in manchen Fällen diese Ellipsen entstehen, und diese Erklärung scheint mir genügender, als die von Venturi, welcher horizontale Prismen dabei voraussetzt, jedoch keine strenge Untersuchung über den Weg des Lichtes in horizontalen Prismen anstellt. Aber auch noch auf eine zweite Weise kann ein solcher elliptischer Ring entstehen. Gesetzt der Horizontalkreis wäre in der Nähe der Sonne so glänzend, daſs er selbst wieder um jeden seiner Puncte einen ersten Hof zeigen könnte, so würden diese vereinigten Höfe nur einen hellen Raum, begrenzt an der Stelle, die 22 Grade von dem Ende jenes leuchtenden Bogens ab läge, darstellen, so wie Fraunhofer es sich zur Erklärung der Berührungskreise dachte. Wäre nur *eine* sehr glänzende Wolke oder ein sehr heller Theil des Horizontalkreises an jeder Seite der Sonne, so entständen zwei excentrische Kreisringe, so wie Schult sie beobachtete. Es bleibt dabei nur auffallend, daſs sie genau symmetrisch an beiden Seiten der Sonne liegen[1].

Eine andere Abweichung von der gewöhnlichen Anordnung des Phänomens besteht darin, daſs zuweilen, aber doch sehr selten, der Halbmesser des ersten Ringes kleiner als 22 Grade ist. Musschenbroek behauptet, daſs am 23. Febr. 1734 ein solcher Ring anfangs 23 Gr. Halbmesser gehabt und nach $1^h 25'$ sich bis auf $18\frac{1}{2}$ Gr. verkleinert habe[2].

Solche Kreise, deren Halbmesser andere als die gewöhnlichen Abmessungen hatte, sah auch Rever in Pont-Audemer. Es erschienen drei Cirkel, welche die Sonne zum Mittelpuncte hatten; der Durchmesser des kleinsten $= 35^\circ$, des dritten $= 70^\circ$. Ein vierter Kreis hatte sein Centrum im Umfange des ersten, sein Umfang ging durch die Sonne und berührte von innen den gröſsten der drei concentrischen Kreise. Durch den Berührungs-

1 Man hat zuweilen ganz nahe über und unter der Sonne Nebensonnen gesehen, die ich, als nicht zu unserm Phänomen gehörend, hier nicht näher betrachte: wenn solche Nebensonnen auch horizontal ihr zur Seite stehen können, so würde die Voraussetzung zweier solcher Nebensonnen diesen symmetrischen Stand erklären.

2 Mém. de Paris 1735. 87.

punct des vierten und dritten gingen zwei Halbkreiſse, die sich einander mit den convexen Seiten berührten, so daſs ihre Tangente gegen die Sonne gerichtet war; diese sowohl als der vierte waren farbig, die ersten drei dagegen weiſs[1]. — Dieses scheint also ein ganz andres Phänomen gewesen zu seyn[2].

Bei einigen sonst regelmäſsigen Erscheinungen von Nebensonnen haben sich noch mehrere Bogen als gewöhnlich gezeigt. Zum Beispiel sah Hansteen bei dem oft erwähnten schönen Phänomene am 27. März 1826 zwei Bogen, die sich, gegen die Sonne concav, von dem höchsten Puncte des innern Ringes innerhalb des dortigen Berührungsbogens bis an diesen erstreckten. Bei eben diesem Phänomene sah Schult zwischen den mit h r, Fig. 103. rs bezeichneten Bogen noch durch h gehende Bogenstücken, und Hansteen glaubte ihre Verlängerung oberhalb h zu sehen.

Als ganz anders angeordnet muſs man wohl das Phänomen ansehen[3], wo vier Kreise durch die Sonne gingen, und einer um die Sonne. Ebenso folgendes[4]: Es erschien erstlich der gewöhnliche erste Ring und in seinem obern Puncte eine helle Nebensonne; um diese, als Mittelpunct, ging ein zweiter Hof von doppelt so groſsem Durchmesser als der erste, in welchem, horizontal neben der ersten Nebensonne, zwei Nebensonnen, an jeder Seite eine, standen. Diese letztern waren wieder Mittelpuncte von zwei hellen Kreisen. — Dieser Erscheinung einigermaſsen ähnlich ist eine von Braun in einer Zeichnung dargestellte. Da jeder hinreichend helle Fleck am Himmel wieder einen Hof um sich geben kann, so ist eine solche Vervielfachung der Kreise nicht unmöglich aber diese Erscheinungen sind zu unvollkommen beschrieben, um eine Erklärung, wie sie entstanden seyn mögen, zu versuchen.

Ich schlieſse diesen Artikel mit dem Wunsche, daſs künftige Beobachter uns genaue Ausmessungen der Höfe und andern Kreise geben mögen, indem nur so die richtige Theorie entdeckt und die hier angegebene entweder bestätigt oder widerlegt werden kann. *B.*

---

1 Férussac bull. de math. 1827. Janv. p. 56.

2 Kleinere Ringe sind auch angegeben in Edinb. phil. Tr. Vol. IV. und von Braun in Nov. Comm. Petrop. VI. 425.

3 Sillimans american Journ. XI. 368.

4 Edinb. Journ. of science XIII. 113.

Hohlspiegel.

Speculum concavum. Miroir concave. *Concave Mirror.*

Unter diesem Namen sind alle die Spiegel begriffen, dere krumme Oberfläche dem Gegenstande und folglich auch de Beobachter die hohle Seite zukehrt. Der parabolische und d sphärische Spiegel kommen vorzüglich im wirklichen Ge brauche vor[1].

Der parabolische Hohlspiegel. *Speculum parabolicum*, Miroir parabolique; *Parabolical Mirro*

Seine Form ist die eines parabolischen Konoids, oder sie stimm mit derjenigen krummen Fläche überein, welche durch Umdre hung einer Parabel um ihre Hauptaxe entstehen würde. Die Axe heiſst daher auch die Axe des Spiegels, und alle durch si gelegte Ebenen bilden mit dem Spiegel parabolische Querschnitt die einander vollkommen gleich sind.

Wenn auf diesen Spiegel Strahlen mit der Axe parallel auf fallen, so werden sie alle genau in einem einzigen, in der Axe des Spiegels liegenden, Puncte vereinigt, welcher der *Brenn punct* der Parabel heiſst. Die Parabel hat nämlich die Eigen schaft, daſs, wenn man von einem Puncte in ihr eine Lini gegen den Brennpunct zu und eine mit der Hauptaxe parall zieht, diese beiden Linien gleiche Winkel mit der Tangent machen; da nun jeder auf den Hohlspiegel auffallende Strahl s zurückgeworfen wird, daſs der zurückgeworfene Strahl eben de Winkel mit der Tangente einschlieſst, wie der einfallende Strah so wird jeder mit der Axe parallel einfallende Strahl in de Brennpunct zurückgeworfen. Diese Strahlen bringen also hie ein ganz vollkommnes Bild desjenigen Punctes hervor, welche in der Axe und zugleich sehr entfernt liegt.

Um von minder entfernten Puncten ein Bild zu erhalten bedient man sich nicht gerade des parabolischen Spiegels; ic stelle daher darüber keine Untersuchung an. Dagegen ist di Frage wichtiger, ob denn der parabolische Spiegel auch Strah

---

1 Eine Anwendung des elliptischen Spiegels kommt im Art. *Mikroskop* vor.

n, welche zwar unter sich parallel einfallen, aber mit der xe einen kleinen Winkel machen, gut zu einem Bilde vereini- ; denn da wir bei Beobachtungen entfernter Gegenstände doch cht allein den Punct, welcher genau in der Axe liegt, son- rn auch die benachbarten Puncte deutlich zu sehen verlan- n, so kommt es auf diese Untersuchung allerdings an.

Es sey D P ein solcher Strahl, der unter dem Winkel $= \alpha$ Fig. 114. gen die Axe geneigt einfällt, und U Z sey derjenige mit ihm rallele Strahl, welcher die Parabel in Z senkrecht trifft, also sich selbst reflectirt wird, dann können wir die Durchschnitts- uncte suchen, welche die übrigen zurückgeworfenen Strahlen it Z U bilden.

Da Z U die unter dem Winkel $= \alpha$ geneigte Normallinie r Parabel seyn soll, und bekanntlich, (wenn eines Punctes der Parabel Abscisse $= x$, Ordinate $= z$ ist, und der Pa- neter $= p$) der Neigungswinkel $= \zeta$ der Normallinie gegen Axe durch Tang. $\zeta = \frac{2z}{p}$ gegeben ist, so sind des Punctes Coordinaten, $z' = \frac{1}{2} p.$ Tang. α; $x' = \frac{1}{4}$ p. Tang.^{2} α und nn man einen Punct der Linie U Z durch auf einander senk- hte Coordinaten u und v bestimmt, so ist $v = (x' + \frac{1}{2} p$ u) Tang. $\alpha = (\frac{1}{2} p + \frac{1}{4} p$ Tang.^{2} $\alpha - u)$ Tang. α. Für len andern Strahl D P der mit U Z parallel einfällt, sey P R dem Einfallspuncte zugehörige Normallinie, also Tang. P R Q Tang. $\zeta = \frac{2z}{p}$; dann wird der Winkel A S P, unter wel- m der zurückgeworfene Strahl die Axe trifft, $= 2\zeta - \alpha$, $= x + S Q = x + z$ Cotang $(2\zeta - \alpha)$, also giebt die Glei- ng für jeden Punct dieses Strahles $v' = (x + z$ Cotang $(2\zeta - \alpha)$ u') Tang. $(2\zeta - \alpha)$ = oder $v' = (x - u')$ Tang. $(2\zeta - \alpha) + z$, dieser letztere Strahl schneidet den zuerst betrachteten da, $u' = u$, $v' = v$ ist.

Um diesen Durchschnittspunct für unsern Fall, wo α so- ll als ζ, welches ich $= \xi\alpha$ nennen will, klein sind, hinrei- nd genau zu finden, setze ich Tang. $(2\zeta - \alpha) = (2\xi - 1)\alpha$ $(2\xi - 1)^3 \alpha^3$ .und ebenso Tang. $\alpha = \alpha + \frac{1}{3}\alpha^3$. Dann geben gleich gesetzten Werthe von $v = v'$, $\frac{1}{2} p\ (\alpha + \frac{1}{3}\alpha^3)$ $p\alpha^3 - u\ (\alpha + \frac{1}{3}\alpha^3)$.

$$\tfrac{1}{4} p\xi^2\ (2\xi - 1)\ \alpha^3 - u\ ((2\xi - 1)\ \alpha + \tfrac{1}{3}\ (2\xi - 1)^3\ \alpha^3) + \tfrac{1}{2} p\ (\xi\alpha + \tfrac{1}{3}\xi^3\ \alpha^3).$$

$$\text{also } u = \frac{\frac{1}{2}p\,(\xi-1)\,\alpha + (\frac{2}{3}\xi^3 - \frac{1}{4}\xi^2 - \frac{5}{12})\,p\alpha^3}{(2\xi-2)\,\alpha + \frac{1}{3}(2\xi-1)^3\alpha^3 - \frac{1}{3}\alpha^3}.$$

$$\text{oder } u = \tfrac{1}{4}p + \frac{(3\xi+1)}{8}p\alpha^2.$$

Für jeden Punct P also, für welchen die Normallinie den Winkel $=\xi\alpha$ mit der Axe einschlieſst, ist die Lage des Durchschnittspunctes mit dem mittlern Strahle durch

$$u = \tfrac{1}{4}p + \tfrac{1}{8}p\alpha^2 + \tfrac{3}{8}p\xi\alpha^2,$$
$$\text{und } v = (\tfrac{1}{2}p - u)(\alpha + \tfrac{1}{3}\alpha^3) + \tfrac{1}{4}p\alpha^3,$$
$$\text{oder } v = \tfrac{1}{4}p\alpha + (\tfrac{5}{24} - \tfrac{3}{8}\xi)\,p\alpha^3,$$

bestimmt. Der Vereinigungspunct für die unendlich nahe bei z einfallenden Strahlen ist also, weil dort $\xi = 1$ ist, durch

$$u'' = \tfrac{1}{4}p + \tfrac{1}{2}p\alpha^2,$$
$$v'' = \tfrac{1}{4}p\alpha - \tfrac{1}{6}p\alpha^3,$$

bestimmt. Die Abweichung von diesem Puncte ist es also, was eine Undeutlichkeit des Bildes hervorbringen kann, und diese ist für u, als Längen-Abweichung $= \frac{3}{8}(1-\xi)\,p\alpha^2$,

für v, als Seiten-Abweichung $= \frac{3}{8}(\xi-1)\,p\alpha^3$.

Beide sind folglich dem Abstande $= (\xi-1)\,\alpha$ von dem senkrecht auffallenden Strahle proportional, fallen aber bei der Kleinheit des α immer geringe aus.

Der sphärische Hohlspiegel; *Speculum sphaericum concavum;* Miroir sphérique; *Spherical Mirror*,

ist ein Theil der hohlen Kugelfläche. Die Axe des Spiegels heiſst hier die durch die Mitte des Spiegels und der Kugel Mittelpunct gezogene gerade Linie, indem man den Spiegel als durch einen Kreis begrenzt annimmt, welcher dann ein auf diese Linie senkrechter Parallelkreis ist.

1. Wir wollen nun den Vereinigungspunct für Strahlen suchen, welche, von einem Puncte in der Axe ausgehend, vom Spiegel zurückgeworfen werden. Es sey CB der Halbmesser des Hohlspiegels $= r$; CA $= a$ der Abstand des leuchtenden Punctes vom Centro, und BCD $=\psi$ der Winkel, welcher den Punct des Auffallens bestimmt. Dann ist Tang. CDA

Fig. 115.

$= \dfrac{a.\,\text{Sin.}\,\psi}{r + a\,\text{Cos.}\,\psi}$, und da für den zurückgeworfenen Strahl DE, EDC = ADC, so ist

$$CE = \frac{r.\text{Sin. CDA}}{\text{Sin. }(\psi + \text{CDA})} = \frac{ar}{r + 2a\,\text{Cos.}\,\psi}$$

Für Strahlen, welche sehr nahe an der Axe liegende Puncte effen, ist ψ sehr klein, also je kleiner ψ ist, desto näher

$$CE = \frac{ar}{r + 2a}.$$

ieser Ausdruck giebt die Stelle des Bildes. Es läſst sich näm-ch zeigen, daſs wenn gleich die entfernteren Strahlen sich icht genau hier vereinigen, dennoch die hier in einem sehr einen Raume vereinigten Strahlen so überwiegend sind, daſs e ein Bild des leuchtenden Punctes geben, welches freilich adurch, daſs die entfernteren Strahlen nicht strenge in densel-en Punct kommen, ein wenig undeutlich wird. Auf diese bweichung wegen der Gestalt des Spiegels komme ich nach-er zurück.

2. Dieses Bild nimmt einen verschiedenen Platz ein, je-chdem der leuchtende Punct in der Axe eine andere Stelle er-ilt. 1. Wenn er ungemein entfernt, $a = \infty$ ist, oder die rahlen parallel einfallen, so ist $CE = \frac{1}{2}r$, und dieses ist die *rennweite* des Spiegels, wo nämlich die von unendlich ent-rnten Gegenständen her kommenden Strahlen, z. B. die trahlen der Sonne, sich vereinigen. 2. Bleibt a positiv, oder egt der leuchtende Punct noch jenseits des Mittelpunctes, so t CE kleiner als $\frac{1}{2}r$, oder das Bild rückt gegen den Mittel-unct zu, je kleiner a wird. 3. Ist a negativ, das heiſst, liegt er leuchtende Punct zwischen dem Mittelpuncte und dem Spie-el, so wird CE negativ, und so lange a kleiner, als $\frac{1}{2}r$, ist, ird sich noch immer ein Punct jenseits des Mittelpuncts ange-en lassen, wo die Strahlen sich sammeln. Offenbar liegt jetzt s Bild da, wo im zweiten Falle der Gegenstand sich befand, enn jetzt der Gegenstand sich da befindet, wo im zweiten lle das Bild hin fiel. 4. Für $a = -\frac{1}{2}r$ ist $CE = \infty$, das , die Lichtstrahlen, die aus dem Brennpuncte auffallen, wer-en parallel zurückgeworfen. 5. Ist $a = -\frac{r}{2} - b$, so giebt e Formel $CE = \frac{-\frac{1}{2}r^2 - br}{-2b} = \frac{1}{2}r + \frac{1}{4}\frac{r^2}{b}$, also das Bild hin-r dem Spiegel, und zwar um desto entfernter, je kleiner b ist.

Wenn wir in den Hohlspiegel sehen, so zeigt sich uns eses Bild der Gegenstände, und zwar sehen wir Bild und Ge-enstand ganz nahe an einander, wenn der Gegenstand die Ober-iche des Spiegels berührt, oder $a = -r$ ist; zieht man den

Gegenstand vom Spiegel ein wenig zurück, so daſs b etwas klei-
ner als $\frac{1}{2}$ r wird, so scheint das Bild sich immer mehr hinter dem Spiegel von uns zu entfernen und wird dabei gröſser; im Brennpuncte gehalten, zeigt der Gegenstand, den wir als einen nur sehr kleinen Raum einnehmend ansehen müssen, kein Bild, und wenn er nur wenig vom Brennpuncte gegen den Mittelpunct zu geht, so sehen wir das hinter uns liegende Bild unsicher, ohne ihm einen festen Platz anweisen zu können, wie im Artikel *Bild* gezeigt ist. Rückt der Gegenstand dem Mittelpuncte so nahe, daſs $\frac{a\,r}{r+2\,a}+r$ kleiner ist, als der Abstand meines Auges vom Spiegel, so sehe ich deutlich ein vor dem Spiegel schwebendes Luftbild, welches sich dem Spiegel nähert, wenn der Gegenstand sich weiter vom Spiegel entfernt; kommt der Gegenstand im Mittelpuncte des Spiegels an, so trifft er mit dem Bilde zusammen und macht dadurch den Mittelpunct kenntlich. Hierauf beruht der Schein, als ob die Degenspitze im Bilde gegen uns zu gehe, wenn wir die wirkliche Degenspitze um die Gegend des Kugelmittelpunctes gegen den Spiegel zu bewegen. Die Gröſse des Bildes werde ich nachher bestimmen, und zugleich erwähnen, warum diese Bestimmung des Bildes nicht im strengsten Sinne ausreichend ist.

3. Für Strahlen, die nicht sehr nahe an der Axe einfallen, findet eine Abweichung von dem eigentlichen Puncte des Bildes statt. Da wir für solche Strahlen CE allgemein $=\frac{a\,r}{r+2\,a\,\mathrm{Cos.}\,\psi}$ fanden, so schneiden sie die Axe in einer Entfernung vom Bilde, die $=\frac{a\,r}{r+2\,a\,\mathrm{Cos.}\,\psi}-\frac{a\,r}{r+2\,a}$ ist, und dieses wäre die Abweichung nach der Länge, die für $a=\infty$ in $\frac{1}{2}\,r\,(\mathrm{Sec.}\,\psi-1)$ übergeht. Die Entfernung des Strahles von der Axe an der Stelle, wo er neben dem Bilde vorbei geht oder die Seiten-Abweichung ist dagegen $=a\,r\left\{\frac{1}{r+2\,a\,\mathrm{Cos.}\,\psi}-\frac{1}{r+2\,a}\right\}\mathrm{Tang.}\,(CDA+\psi)$ und sie geht für $a=\infty$ in $\frac{1}{2}\,r\,.\,\mathrm{Tang.}\,2\,\psi\,(\mathrm{Sec.}\,\psi-1)$ über. Da aber ψ doch immer nicht sehr erheblich ist, so kann man die von ψ abhängenden Glieder in Reihen entwickeln und erhält nahe genug,

für die Längen-Abweichung $=\frac{a^2\,r\,\psi^2}{(r+2\,a)^2}$;

für die Seiten-Abweichung $= \frac{a^2 r \psi^3}{(r+2a)(r+a)}$;

für a ∞ geht jene in $= \frac{1}{4} r \psi^2$,

diese in $= \frac{1}{2} r \psi^3$, über.

Für Strahlen, die geneigt gegen die Axe, aber unter sich rallel einfallen, ist hier keine neue Betrachtung nöthig; sie ingen auf dem mit ihrer Richtung parallelen Radius ein Bild nau so, wie die vorhin betrachteten in der Axe hervor, und e Formeln für die Abweichung sind also die eben angeführten. 'ollte man wissen, ob ein parabolischer Spiegel für solche von r Axe abweichende Strahlen beſsere Dienste leiste, als ein härischer, so müſste man so rechnen. Es sey des paraboliien Spiegels Brennweite $= f$, also $p = 4f$, so war die oben undene Formel für die Seiten-Abweichung $\frac{3}{8} p\alpha^3 (\xi - 1)$ $\frac{3}{2} f\alpha^3 (\xi - 1)$, die halbe Breite des Spiegels kann hier $= 2f\xi\alpha$ setzt werden; eigentlich $= 2f$ Tang. $\xi\alpha$, und wenn diese $= z$ ist, so ist also die Seiten-Abweichung $= \frac{3}{4}\alpha^2 (z - 2f\alpha)$; m sphärischen Spiegel hingegen ist sie $= f\psi^3 = f.\frac{z^3}{8f^3}$, il $2f\psi = z$ die Breite des Spiegels nahe genug ausdrückt. Da n α immer sehr klein ist, so wird $+ \frac{3}{4}\alpha^2 (z - 2f\alpha)$ allemal iner als $\frac{z^3}{8f^2}$ seyn. Wäre z. B. $\alpha = \frac{1}{2}$ Grad $= 0{,}009$ und $= 0{,}4.f$, was etwa einem Bogen von 12 Graden entspricht, ist beim parabolischen Spiegel

für $z = + 0{,}4 f$, die Abweichung $= 0{,}000023$

für $z = - 0{,}4 f$, diese aber $= 0{,}000025$

Beim Kugelspiegel $= 0{,}008$.

4. Um die Vergröſserung richtig zu schätzen, welche die ılspiegel, namentlich die sphärischen, bewirken, muſs man ;endes überlegen. Wenn A a der gespiegelte Gegenstand so ist für den Punct α die Linie a c als Axe des Spiegels Fig. 115. ısehen, und das Bild e wird eben so bestimmt, wie vorhin Bild E. Da nun E e zwischen den Schenkeln des Winkels e $=$ a C A liegt, so ist e E $=$ a A . $\frac{CE}{CA}$, und das wirklich entınde Bild ist gröſser als der Gegenstand, wenn CE $>$ CA im entgegengesetzten Falle aber kleiner. Eben diese Bemung findet noch statt, wenn das scheinbare Bild hinter Spiegel liegt. Ist G g ein solcher Gegenstand, so können

wir h als das Bild von g und H als das Bild von G ansehe Es ist aber Hh allemal gröſser als Gg und zwar desto meh je weiter hinter dem Spiegel die Durchschnittspuncte des zu rückgeworfenen Strahles mit der Axe liegen.

Diese Bestimmungen gelten wenigstens beinahe genau f Strahlen, die der Axe nahe einfallen; steht das Auge dageg so, daſs es Strahlen erhält, die vom Rande des Spiegels zurüc geworfen werden, so versetzt er das Bild dahin, wo sich zw Linien schneiden, die als zurückgeworfene Strahlen das Au bei wenig veränderter Stellung treffen. Stellt zum Beispiel einen Punct vor, dessen Bild das Auge O im Spiegel sieht, muſs es bei richtiger Aufmerksamkeit das Bild nach L setz weil bei geringer Aendernng der Lage des Auges von O bis es dem bewegten Auge so scheint, als ob die reflectirten Stra len von L ausgingen. Dieser Punct L ist etwas verschied von dem, wo ein in KC stehendes Auge den Gegenstand h versetzen würde, KC aber ist für den Punct k, als Axe d Spiegels anzusehen.

Da es wegen dieser ungleichen Lage des Punctes L kein in völliger Strenge als wahren Ort des Bildes anzusehende Punct giebt, so hat Kästner die Bestimmung der Vergröſse rung im Hohlspiegel von einer andern Seite aufgefaſst. Wen ein Gegenstand im ebenen Spiegel gesehen wird, so zeigt sich uns unter einer bestimmten, scheinbaren Gröſse, un welcher scheinbaren Gröſse zeigt er sich uns im Hohlspiege Es sey der Gegenstand ein Theil des Radius CE, und O Fig. 116. Auge; man sollte nun eigentlich fragen, wenn U, X, gegebe Puncte sind, wo liegen die Puncte V, Y, von welchen die flectirten Strahlen in das Auge kommen? Da aber die allgeme Beantwortung dieser Frage, von der ich nachher noch m sagen will, auf keine bequeme allgemeine Formeln führt, will ich für einen einzelnen Fall die Auflösung umgekehrt chen, nämlich wo liegt U, wenn O und V gegebene Pun sind. Es sey der Halbmesser des Spiegels $= r$, $CO =$ $AOV = \zeta$, $ACE = \alpha$; so findet man $\text{Sin. } OVC = n. \text{ Si}$ und $OVC = CVU$; $VCA = \zeta + OVC$,

$$\text{und } CU = \frac{r. \text{ Sin. } OVC}{\text{Sin. } (\alpha + \zeta + 2\, OVC)}.$$

Es sey als einzelnes Beispiel $n = 1$, $CO = CA$, A $= 30$ Grade, und nun $\zeta = 5°$ und $\zeta = 6°$ dann wird

$= 0{,}123257 \,.\, r$; $CX = 0{,}140657 \,.\, r$. Hier würde also UX $= 0{,}0174 \,.\, r$ unter dem Winkel 1° erscheinen. Wäre dagegen bei V ein ebener Spiegel auf CV senkrecht aufgestellt, so sähe das Auge O das Bild von UX, so als ob es sich in ux befände, und es wäre der senkrechte Abstand des Bildes u hinter dem Spiegel so groſs, als der senkrechte Abstand des Gegenstandes U vor dem Spiegel, also $wu = wU = CV = CU \text{ Cos.} UCV$
$$= r - CU.\text{Cos.}\ (a + \zeta + OVC).$$
Der Abstand Ou ist =
$$\sqrt{\left\{(CV + wu + CO\,.\,\text{Cos.}\ VCA)^2 + (CU\,.\,\text{Sin.}\ VCU + CO\,.\,\text{Sin.}\ VCA)^2\right\}}$$
$$= \sqrt{\left\{(r + wu + a\ \text{Cos.}\ (\zeta + OVC))^2 + (CU.\text{Sin.}\ (\alpha + \zeta + 2.OVC) + a\ \text{Sin.}\ (\zeta + OVC))^2\right\}}$$
Eben so wird Ox gefunden und daraus xOu berechnet. In unserm Exempel wird
$$wu = (r - CU.\text{Cos.}\ 40^\circ) \text{ und } zx = (r - CX\,.\,\text{Cos.}\ 42^\circ)$$
$$Ou = \sqrt{\left\{(r + wu + r\,.\,\text{Cos.}\ 10^\circ)^2 + (CU\,.\,\text{Sin.}\ 45^\circ + r.\text{Sin.}\ 10^\circ)^2\right\}}$$
$$Ox = \sqrt{\left\{(r + zx + r\,.\,\text{Cos.}\ 12^\circ)^2 + (CX.\text{Sin.}\ 48^\circ + r\ \text{Sin.}\ 12^\circ)^2\right\}}$$
$ux = UX$, also $wu = 0{,}90558$; $zx = 0{,}89547$;
$$Ou = 2{,}9022\ ;\ Ox = 2{,}8906.$$
und daraus xOu ungefähr 20′.[1] Der sphärische Spiegel zeigt das Bild etwa dreimal so groſs.

5. Die allgemeine Auflösung des Problems, aus der gegebenen Lage des gespiegelten Punctes und des Auges, den Punct des Spiegels zu finden, wo der Strahl zurückgeworfen wird, ist ziemlich schwierig. Wenn O das Auge, P der leuchtende Fig 117
Punct ist, und ACB den Winkel PCO halbirt, welcher an des Spiegels Mittelpunct entsteht, so sind $CO = a$, $CP = a'$, $CO = BCP = \alpha$ gegeben. X sey der gesuchte Punct der Zurückwerfung, $ACX = \varphi$, so soll $PXC = OXC$ seyn. Es
$$\text{ist aber Tang. } OXC = \frac{a.\text{Sin.}\ (\alpha + \varphi)}{r + a\,\text{Cos.}\ (\alpha + \varphi)}$$
$$\text{und Tang. } PXC = \frac{a'\ \text{Sin.}\ (\alpha - \varphi)}{r + a'\ \text{Cos.}\ (\alpha - \varphi)}$$
so $$r.a.\text{Sin.}\ (\alpha + \varphi) - r\,a'.\text{Sin.}\ (\alpha - \varphi) = -a\,a'\ \text{Sin.}\,2\varphi.$$

1 Vergl. Kästner de objecti in spec. sphaer. visi magnitudine apparente. Nov. Commentarii soc. Gotting. VIII. 114.

und hieraus müſste φ gefunden werden. Man hat auch

$$r\ \mathrm{Sin.}\ \alpha\ (a - a') + r\ \mathrm{Cos.}\ \alpha\ (a + a')\ \mathrm{Tang.}\ \varphi = -\ 2\,a\,a'.\mathrm{Sin.}\ \varphi.$$

und diese Gleichung rational gemacht, und so ausgedrückt, daſs sie nur Sin. φ oder Cos. φ enthält, ist vom vierten Grade. Kästner giebt eine Methode, um etwas leichter den Zweck durch indirecte Auflösung zu erreichen [1].

6. Die verschiedenen Meinungen über die Lage des Bildes beim Hohlspiegel scheinen mir, nach dem eben darüber Mitgetheilten, keine ausführliche Darstellung zu verdienen, da der Grund, warum nicht alle in den Spiegel sehenden Augen das Bild in einerlei Puncte sehen, aus dem Vorigen erhellet. Schon Euklides bemerkte, daſs das Bild in dem Radius liege, welcher durch den abgespiegelten Punct geht; Barrow bestimmt den Ort des Bildes genauer, nämlich er liege in der Spitze des von den reflectirten Strahlen gebildeten Kegels. Aber diese Bestimmung gilt nicht mehr, wenn das Auge weit von dem Radius entfernt ist, wo der gespiegelte Punct sich befindet, weil es zwar einen Punct giebt, der für viele Strahlen als Spitze eines solchen Kegels gelten kann, aber nicht für alle. [2] Tacquet nimmt auf diese Verschiedenheit zwar Rücksicht, indem er das Bild in den Punct jenes Radius setzt, wo der zum Auge kommende reflectirte Strahl ihn schneidet; aber es ist kein bestimmter Grund da, warum wir das Bild gerade da zu sehen glauben sollten [3]. Für eine Stellung des Auges, die weit von dem Radius ab liegt, in welchem sich der gespiegelte Punct befindet, trifft die (nach Gehler's Angabe) von Brengger geäuſserte Meinung, das Bild liege in dem Perpendikel vom leuchtenden Puncte auf die im Reflectionspuncte berührende Ebene, etwas besser zu [4]; aber ganz ausreichend kann keine solche Regel seyn.

Einige andere hieher gehörende historische Bemerkungen kommen im Art. *Brennspiegel* und *Katoptrik* vor. Ueber die Anwendung s. *Spiegelteleskop*. *B.*

---

1 Nov. Commentarii soc. Gotting. VII. 92.

2 Barrow lect. opt. Lect. V.

3 Catoptrica. I. prop. 20.

4 Epist. ad Keplerum scriptae. Ep. CLI. und d'Alembert opuscules. 1. 275.

Horizont.

Gesichtskreis; *Horizon; Circulus finitor;* l'Horizon; *Horizon.* Wenn wir auf einer ganz freien Ebene oder auf dem Meere um uns sehen, so scheint uns die Halbkugel des Himmels in der Ferne auf der Erde aufzuliegen; der Kreis, welchen wir hier als Grenze der sichtbaren Himmelskugel wahrnehmen, ist der Horizont, der begrenzende Kreis (ὁρίζειν, begrenzen). Die Himmelskugel mit ihren Sternen umgiebt freilich die ganze Erde, aber da unsere Aussicht da, wo unsere Gesichtslinie durch die Erde gehen müſste, durch diese aufgehalten wird, so ist diejenige Gesichtslinie, welche die Oberfläche der Erde berührt, zugleich die letzte, welche noch die Himmelskugel trifft, oder sie trifft eben jene Grenze, den Horizont. Wenn unser Auge, wie es oft genug der Fall ist, sich nahe an der Oberfläche des Meeres befindet, so ist die Berührungsebene an den Punct der Erde gelegt, wo wir uns gerade befinden, diejenige, welche unsere Aussicht begrenzt oder die Ebene des scheinbaren Horizontes, und nur die Gegenstände sind sichtbar, welche sich über dieser Ebene befinden. Diese Ebene verstehen wir daher immer, wenn wir von dem scheinbaren Horizonte des Ortes reden, wo wir uns befinden, und obgleich bei einer höhern Stellung des Auges in a uns Fig. 118. noch Gegenstände sichtbar bleiben, die unterhalb dieser bei b berührenden Ebene liegen, indem jetzt erst die Berührungslinie ad die Aussicht begrenzt, so sehen wir dennoch bc als die Ebene des Horizontes an, unter welchen hinab sich nun unser Gesichtskreis noch erstreckt.

Alles was am Himmel über jener Ebene liegt, ist über unserm Horizonte. Bewegte sich also ein Stern oder Mond in solcher Nähe, wie der Kreis ef es zeigt, um die Erde, so würde bei weitem nicht die Hälfte seiner Bahn uns sichtbar seyn, sondern er würde nur einen kleinen Theil derselben über unserm Horizonte durchlaufen. Für einen entferntern, um den Mittelpunct der Erde gezogenen Kreis, wie hik, ist der über dem Horizonte liegende Theil schon gröſser, aber erst bei sehr groſser Entfernung kommt er dem Halbkreise so nahe, daſs wir ohne merkliche Fehler sagen können, wir übersehen den ganzen Halbkreis. Da wir nun in der Astronomie so oft genöthiget

sind, das was wir auf der Oberfläche der Erde beobachten, mit dem zu vergleichen, was ein Beobachter im Mittelpuncte der Erde beobachten würde, so ziehen wir für diesen Beobachter eine Ebene ACB mit der Ebene unseres scheinbaren Horizontes parallel, und diese heiſst der *wahre Horizont.* Es erhellet nämlich leicht, daſs ein der Erde sehr nahes Gestirn diesen Horizont schon in B erreicht hätte, ehe es bei uns aufginge. So verhält es sich wirklich mit dem Monde. Wenn der geocentrische Beobachter den Mond in meinem wahren Horizonte in B sieht, oder ihn von meinem Zenith 90 Grade entfernt sieht, so steht der Mond noch unter meinem scheinbaren Horizonte oder wird mir noch nicht sichtbar. Für den Mond beträgt der Winkel hCA, um welchen er oberhalb des wahren Horizontes stehen muſs, ungefähr einen Grad, und erst wenn er sich so hoch über der Ebene ACB befindet, erscheint er in meinem scheinbaren Horizonte. Dieser Winkel, der nach der bald geringern, bald gröſseren Entferung des Mondes von uns zuweilen etwas mehr, zuweilen weniger als 1 Gr. beträgt, heiſst die *Horizontalparallaxe* des Mondes. Bei entferntern Körpern ist dieser Winkel noch kleiner, bei der Sonne zum Beispiel nur wenig über 8 Secunden. Für die Fixsterne ist von diesem Unterschiede nicht das Geringste mehr zu bemerken, und in Beziehung auf sie ist daher der wahre Horizont als mit dem scheinbaren Horizonte zusammenfallend anzusehen.

Daſs der Horizont zuweilen zufällig durch Gegenstände verdeckt wird, kann offenbar auf diese Bestimmung keinen Einfluſs haben, sondern wir nehmen auch in solchen Fällen den Horizont in jedem Puncte 90 Grade vom Zenith entfernt an. Darnach bestimmen wir die Zeit des Aufgangs und Untergangs der Gestirne, und auch ihre Höhe über dem Horizonte wird von da an gerechnet, so daſs sie den Abstand vom Zenith zu 90 Graden ergänzt. Der Horizont schneidet den Mittagskreis im Nordpuncte und Südpuncte, den Aequator im West- und Ostpuncte [1]. Auf dem Horizonte werden die *Azimuthe* vom Südpuncte oder Mittagspuncte an gezählt, die *Morgenweite* vom Ostpuncte, die *Abendweite* vom Westpuncte.

Horizontal, waagerecht, wassergleich, (*horizontalis, ad libellam composita linea;* **ligne horizontale;** *horizontal*

1 S. *Weltgegenden; Hauptgegenden.*

line) heiſst eine Linie, wenn sie mit dem scheinbaren oder wahren Horizonte des Ortes parallel läuft. Eine horizontale Ebene ist gleichfalls die mit dem scheinbaren Horizonte parallele Ebene, die also gegen die zum Zenith hin gezogene Linie senkrecht ist. Da alle flüssige Körper beim Gleichgewichte die Stellung annehmen, daſs ihre Oberfläche eine gegen die Verticallinie oder die nach dem Zenith gerichtete Linie senkrechte Richtung hat, so heiſst die horizontale Richtung auch wassergleich und die Wasseroberfläche dient uns oft selbst, um die Horizontalfläche zu bestimmen. Unsere Niveau's[1] sind solche Wasserflächen. Aber auch die Verticallinie dient uns zur Bestimmung der Horizontallinie, indem schon die gewöhnlichen *Bleiwaagen*, *Schrotwaagen*, *Setzwaagen* dadurch ihre richtige Stellung erhalten, daſs das herabhängende Loth auf *eine* Linie einspielt, und dann die *zweite* auf jene senkrecht gezogene Linie die Horizontallinie zeigt.

Wenn wir unser Auge nur um das Geringste über die Oberfläche des Meeres erheben, so übersehen wir einen Theil der Erd-Oberfläche, dessen Gröſse sich leicht bestimmen läſst. Es sey $AB = h$. diese Höhe, $CA = CD = r$, der Halbmesser der Fig. 119. Erde, so ist $\frac{r+h}{r} = \text{Sec. } ACD$, und ACD ist der Winkel am Mittelpuncte, welchem der übersehene Bogen $= r, ACD$ zugehört, durch diese Formel bestimmt man[2], wie weit man von einer gegebenen Höhe sehen kann, oder umgekehrt, wie weit ein in gegebener Höhe über der Erde liegender Punct entfernt seyn muſs, um im scheinbaren Horizonte zu liegen. Wolken, die uns im Horizonte erscheinen, sind daher schon 19 Meilen entfernt, wenn ihre Höhe auch nur 5000 Fuſs beträgt, und 39 Meilen entfernt, wenn sie 20000 Fuſs beträgt. Feuerkugeln, von denen es gewiſs ist, daſs sie zuweilen in 40 Meilen Höhe entstehen, sind bei solcher Höhe 260 Meilen weit sichtbar, und bei 100 Meilen Entfernung von der Erde würde man sie bis auf 400 Meilen von dem Puncte, wo sie im Zenith stehen, sehen können. Die Strahlenbrechung vermehrt noch diese Entfernung um etwas Erhebliches. *B.*

---

1 Vergl. *Wasserwaage.*

2 S. Art. *Erde.* Th. III. S. 838.

Künstlicher Horizont. S. Spiegelsextant.

Horopter. S. Gesicht. Th. IV. S. 1472.

Hundstage.

Dies caniculares; jours caniculaires; *canicular days, dogdays.* Die Zeit vom 23. Juli bis 23. August umfaſst die Hundstage. Sie heiſsen so, weil sie bei den Griechen durch den Aufgang des Hundssterns, *Sirius*, bestimmt wurden. Die ὀπώρα der Griechen nämlich fing mit dem Aufgange des Hundssterns an, der nahe mit dem Eintritte der Sonne in das Gestirn des Löwen zusammenfällt, und endigte mit dem Aufgange des Arcturus, der freilich viel später ist, als das Ende unserer Hundstage. So giebt man gewöhnlich die Dauer der ὀπώρα an. Kruse, bei dem die Stellen der alten Schriftsteller angeführt sind [1], giebt den Anfang dieser Jahrszeit nach Euktemon als auf den 27. Tag des Krebses fallend an; von dieser Zeit an weheten die *Etesien* 55 Tage und hörten kurz vor dem Frühaufgange des Arcturus auf [2]. Diese Zeit der Hundstage ist in Griechenland durch groſse Hitze, und nach Hippokrates auch durch schwere Gallenkrankheiten ausgezeichnet.

Daſs die Hundstage auch bei uns als die heiſseste Zeit des Jahres angesehen werden, ist bekannt, doch fällt die Zeit der gröſsesten Hitze, im Mittel aus vielen Jahren, ziemlich bald nach dem Anfange der Hundstage, und wenn wir sie auch nur bis zum 23. August rechnen, so ist doch gegen ihr Ende die Abnahme der Wärme meistens schon sehr merklich.

Die genaue Zeit zu berechnen, wenn Sirius irgend einem Orte heliace oder cosmice aufgeht, hat für uns zu wenig Interesse, als daſs ich dabei zu verweilen brauchte [3].

Hydraulik.

Hydraulica; Hydraulique; *Hydraulics.* Unter diesem Namen hat man oft die sämmtlichen Lehren, welche die Bewe-

---

1 Hellas von Kruse 1r Th. S. 249.

2 Hellas I. 246.

3 S. Pfaff de ortu et occusu siderum, und Art. *Aufgang.*

gung flüssiger, unelastischer Körper betreffen, vorgetragen: da aber der Name von ὑδραυλὶς, die Wasser-Orgel, herkommt, so ist es wohl angemessener, den Namen Hydraulik nur auf die technischen Anwendungen zu beziehen, die man von der Bewegung des Wassers macht; ich habe deshalb den theoretischen Theil der Lehren von der Bewegung des Wassers unter dem Titel: *Hydrodynamik* vorgetragen.

Die Gegenstände, welche zur Hydraulik gehören, sind, so weit sie in den Plan des Wörterbuches gehören, fast sämmtlich in besondern Artikeln abgehandelt, ich erwähne sie daher nur kurz.

Der Ausfluſs des Wassers aus Oeffnungen, dessen Gesetze im Art. *Hydrodynamik* erläutert sind, findet eine praktische Anwendung bei dem Visiren der Quellen, wodurch man die Menge Wasser bestimmt, welche man aus der Quelle erhält. Wenn gleich die Abmessung vermittelst des Eichgefäſses und die Bestimmung der Menge nach Wasserzollen nicht die passendste und daher nicht mehr so allgemein üblich ist, als ehemals, so muſs ich sie doch wohl kurz erwähnen. Man bedient sich dazu eines Gefäſses, das Kreisöffnungen hat, und zwar eine von 1 Zoll Durchmesser, und andere, welche an Fläche halb so groſs, ein Viertel so groſs, ein Zwölftel so groſs sind; diese dienen zu Bestimmung der Quantitäten, die man 1 Wasserzoll, ½ Wasserzoll, ¼ Wasserzoll, 1 Wasserlinie nennt. Dieses Gefäſs läſst man, während alle Oeffnungen geschlossen sind, sich aus der zu untersuchenden Quelle füllen, öffnet dann eine der Oeffnungen oder mehrere, und ändert dieses so lange ab, bis man diejenigen gefunden hat, welche eben so viel Abfluſs geben, als die Quelle Zufluſs gewährt; hat man nun dies Gefäſs so weit gefüllt, daſs alle Mittelpuncte um die bestimmte, gleiche Tiefe unter der Oberfläche liegen, so sagt man, die Quelle gebe einen Wasserzoll, wenn die 1 zollige Oeffnung Abfluſs genug gewährt und so weiter. Daſs sich ähnliche Anordnungen auch gebrauchen lassen, um einen gegebenen Wasservorrath nach bestimmten Verhältnissen zu vertheilen, versteht sich von selbst[1].

---

1 Bion traité de la construct. des instrumens. p. 172.
Von den Maſsbestimmungen der Römer bei ihren Wasserleitungen giebt Frontinus Nachricht (de aquae ductibus urbis Romae. 24 bis 63.)

Die künſtlichen *Springbrunnen*, sie mögen nun bloſs durch den Druck einer Wassersäule oder durch irgend eine beliebige Kraft, als namentlich auch durch comprimirte Luft zum Springen gebracht werden, hängen gleichfalls von den Gesetzen des Wasserausflusses ab.

Wie die *Wasser-Uhren* nicht minder hiermit zusammengehören, will ich nachher angeben.

Auch die verschiedenen Arten von *Pumpen*, von *Saugwerken* und *Druckwerken*, gehören hierher, weil die Schnelligkeit, mit welcher das Wasser durch die Oeffnungen zutritt, auf ähnliche Bestimmungen, wie die der Geschwindigkeit des freien Ausflusses aus Gefäſsen beruht.

Weniger theoretische Kenntnisse fordern diejenigen zum Heben des Wassers bestimmten Werkzeuge, die man *Kastenkünste*, *Paternosterwerke*, *Schaufelwerke* nennt. Bei den ersteren sind es Kästen, die unten mit Wasser gefüllt, dann hinaufgezogen und oben in eine Rinne ausgegossen werden. Um sie zu heben, dienen zwei, vertical über einander, horizontal und parallel liegende Wellen, an deren polygonisch geformter Oberfläche sich die Kästen anlegen; die untere liegt im Wasser, die obere in der Höhe, bis zu welcher das Wasser gehoben werden soll, und bei gleichmäſsigem Drehen beider Wellen werden die an einer Kette ohne Ende, in gehörigen Entfernungen angebrachten Kästen, gehoben, um oben ihr Wasser auszugieſsen. Bei den *Paternosterwerken* und ebenso bei den *Schaufelwerken* wird das Wasser in einer verticalen oder geneigten Röhre hinaufgeschoben, und die verschiedenen Namen sind nur daher entstanden, daſs es bei jenem ausgestopfte lederne Kugeln sind, die in gewissen Abständen hinter einander folgend und in der Röhre fortgezogen, dem zwischen ihnen eingeschlossenen Wasser den Rückweg verschlieſsen, beim Schaufelwerke hingegen gut anschlieſsende Scheiben oder Schaufeln, die eben diesen Zweck erfüllen. Auch sie sind an eine über zwei eckige Wellen gehende, oder von den Speichen zweier Räder gefaſste, Kette ohne Ende befestigt, deren eine Hälfte in der Röhre hinauf geht, und das nachher oben ausflieſsende Wasser hinaufzieht, während die andere Hälfte hinabgeht, um jenen Dienst immer aufs Neue zu verrichten [1].

---

1 Langsdorf Hydraulik. S. 580. Büsch Uebersicht des Wasser-

Etwas Aehnliches thun die Schöpfräder, die in Kästen, am Umfange eines Rades angebracht, das Wasser heben und oben in eine Rinne ausgieſsen. Kommt es nur darauf an, das Wasser aus niedrigen Ländereien wenige Fuſs hoch über einen Damm von geringer Höhe hinüber zu heben, so ist es hinreichend mit den Wurfrädern, die Büsch beschreibt[1], das von den Schaufeln aufgefaſste Wasser über diese Dämme hinüber zu werfen. Hier wird nämlich in einer Rinne, die an der hinaufwärts gedrehten Seite des Rades ungefähr so, wie es der Kreis-Umfang des Rades fordert, gekrümmt ist, das Wasser von den Schaufeln des Rades auf eine ähnliche Weise hinaufgeschoben, wie es bei den vorhin beschriebenen Schaufelwerken in geraden Röhren der Fall war. Dabei ist es nicht nöthig, daſs die Schaufeln sehr eng an die Wände der Rinne anschlieſsen, indem bei schneller Drehung des Rades Wasser genug aufwärts mit fortgerissen wird, wenn auch wegen der Zwischenräume viel Wasser vorbei laufend wieder in die Gegend, woraus es gehoben wird, zurück gelangt. Die Rinne, welche das Rad zum Theil umgiebt, pflegt bei diesen Rädern nur einen Theil des vom untersten Puncte anfangenden Quadranten zu umfassen, und endiget sich oben in eine über einen Damm hinüber geleitete Rinne; dieser Damm trennt das zu entwässernde Land von dem Strome, wo das gehobene Wasser seinen Abfluſs findet; aber umgekehrt könnte auch zur Bewässerung des Landes oder um das Wasser sonst anzuwenden, dieses vom Strome aus in eine Rinnen gebracht werden.

Die unter dem Namen der *Archimedischen Wasserschraube* und der *Spiralpumpe* bekannten Werkzeuge zum Heben des Wassers werden in eignen Artikeln erklärt werden. Auch Langsdorf's Saug-Schwung-Maschine[2] gehört zu den Werkzeugen, um Wasser zu heben.

Eine andere Hauptclasse von Maschinen sind die verschiedenen *Wassermühlen*, die ebenfalls der Hydraulik angehören. Wie man die Wirkung dieser Wasserräder beurtheilen und be-

---

baues 1. Th. S. 56. — Schöpfwerke, wie sie noch jetzt in Aegypten angewandt werden, beschreibt Niebuhr, Reise nach Arabien I. 148.

1 Büsch Hydraulik. §. 55. und Eytelwein Mechanik und Hydraulik. S. 442.

2 II. Th. S. 82.

rechnen kann, wird in einem eignen Artikel gezeigt werden; daſs sie aber dann zur Betreibung aller Arten von Maschinen angewandt werden können, läſst sich wohl übersehen.

Als ein eigner Zweig der angewandten Hydrodynamik verdient hier noch die Hydrotechnik, *Wasserbaukunst*, *architectura hydraulica,* erwähnt zu werden, da auch sie auf Principien der Physik beruht. Von der einen Seite freilich, so fern sie bloſs eine besondere Anwendung der Baukunst ist, umfaſst sie Vieles, dessen Erörterung nicht hierher gehört, aber bei denjenigen Theilen der Hydrotechnik, die sich an die Physik anschlieſsen, muſs ich einen Augenblick verweilen.

Es sind vorzüglich fünf Zwecke, die man in der Hydrotechnik zu erreichen sucht:

1. Sicherung der den Ueberschwemmungen ausgesetzten Länder gegen das herandringende Wasser; 2. Erhaltung der Strom- oder See-Ufer, welche durch die Gewalt des Stromes oder der Wellen einen Abbruch erleiden würden; 3. Gewinnung neuen Landes oder Beförderung des Anwachses; 4. Benuzzung des Wassers für die Schifffahrt, Anordnung von Canälen und Häfen; 5. Austrocknung versumpfter oder wenigstens zu gewissen Jahrszeiten der Ueberschwemmung ausgesetzter Ländereien.

Was die Sicherug der niedrig liegenden Gegenden betrifft, die entweder bei Anschwellung der Ströme durch starken Zufluſs aus den obern Gegenden oder bei hohen Meeresfluthen den Ueberschwemmungen ausgesetzt seyn würden, so genügt es hier zu bemerken, daſs man den schützenden Dämmen oder Deichen, bloſs der Erfahrung folgend, eine hinreichende Höhe und Stärke geben muſs. Man hat theoretische Bestimmungen gesucht, welche Gestalt man der abgeflächten äuſsern Seite des Dammes am Meere geben muſs, damit er den Wellen am Besten widerstehe; aber da theils unsere Theorie der Wellen noch nicht die Vollkommenheit hat, die zu einer solchen Bestimmung erfordert würde, theils die ungleichen Höhen der Fluthen ganz verschiedene Bestimmungen fordern würden, und endlich die sich am Ufer brechenden und überstürzenden Wellen, welche gerade am nachtheiligsten wirken, noch ganz auſser dem Gebiete unserer Wellentheorie liegen, so scheint eine sehr flach abhängige geradlinige Dossirung, (*Böschung*, äuſsere Fläche des Deiches), die

ıgemessenste[1]. Die Mittel, deren man sich bedient, um ırch Bedeckung dieser Fläche die Zerstörung derselben durch e Wellen zu verhüten, erwähne ich hier nicht; jedoch gehört e Bemerkung hierher, daſs man nicht ohne Grund diejenigen ainbedeckungen des Deichflusses, die niedrig genug liegen, n selten oder nur auf kurze Zeit der Gewalt der überschlagenn Wellen ausgesetzt zu seyn, an ihrem untern Theile steiler, ihrem obern Theile flacher angelegt, weil die Gewalt der 'ellen auf die Theile, die im Wellenschlage immer unter 'asser bleiben, geringer ist, und überdies die bei einem nieigen Wasserstande den untern Theil treffenden Wellen nie die ewalt haben, wie bei mehr Wassertiefe.

Daſs diese Dämme oft Abwässerungsschleusen, welche das 'asser herauslassen, sobald der äuſsere Wasserstand niedrig nug geworden ist, versehen seyn müssen, daſs diese Schleu-ı sich aber von auſsen dicht schlieſsen müssen, um dem hören Wasser den Eintritt zu verwehren, versteht sich von lbst.

Diese Beschützung durch Deiche reicht aber nicht aus, inm theils die Ströme in ihren concaven Krümmungen, theils s Meer oder die am Ausfluſs sehr breiten Flüsse durch ihren ellenschlag, einen *Abbruch* des Ufers bewirken, der entwer die Dämme zu unterhöhlen droht, oder wenigstens die Erltung derselben darum erschwert, weil auf niedrigem Grunde, also ein hoher Wasserstand über dem Vorgrunde des Deichs steht, die Gewalt der Wellen viel gröſser wird. Diesem bruche zu wehren, reicht es zuweilen hin, die Ufer nur mit er nicht leicht zerstörbaren Bedeckung zu versehen. Dieses vorzüglich da zu empfehlen, wo man entweder der Schifftwegen auf mäſsigen Flüssen keine Einbaue anlegen darf, r wo man hoffen darf, daſs die Veranlassung zum Abbruche übergehend seyn kann. Das letzte findet an den Mündungen ſser Ströme zuweilen dann statt, wenn Sandbänke in der te des Flusses diesen nöthigen, sich gegen das Ufer zu drän-; denn diese Sandbänke sind sehr vielen Veränderungen unvorfen, und können für eine Zeit lang dem Ufer groſse Nach-

---

1 Woltmans Untersuchungen im 2. Th. d. Beiträge zur hydraul. ıitectur verdienen über diese theoretischen Bestimmungen gelesen verden.

theile bringen, nach wenigen Jahren aber ganz verschwund oder wesentlich geändert seyn. Da wo der Abbruch an breit Flüssen durch eine immerfort dauernde Richtung des Strom gegen das Ufer fortwährend unterhalten wird, ist es dagegen n thig, durch *Einbau* dem Strome seine richtigen Grenzen z zuweisen. Hier sollte es nun allerdings eine Theorie geb welche aus der Schnelligkeit des Stromes und andern Umständ beurtheilen lehrte, wie weit von einander Einbaue von bestim ter Länge das Ufer schützen, welche lehrte, ob senkrecht geg das Ufer gerichtete Einbaue am meisten leisten, u. s. w.; a eine solche Theorie fehlt uns gänzlich, und die groſse Schwi rigkeit der Untersuchungen, auf welche sie gebaut seyn müſs läſst voraussehen, daſs sie uns noch lange fehlen wird. D Erfahrung zeigt, daſs die Richtung dieser Einbaue senkre gegen den Strom seyn muſs, daſs sie dann, wenn sie nicht schroff angelegt sind, und besonders an der Spitze eine gemessene Abdachung haben, den Strom nöthigen, eine d Ufer parallele, etwas vom Ufer entfernte Richtung zu verfolg deren Lauf durch die Spitzen der nicht zu weit aus einander li genden Einbaue ziemlich gut bestimmt wird; vor dem abbre chenden Ufer bildet sich dann, in dem gegen den Anfall des Stromes gesicherten Raume zwischen zwei Einbauen, ein ab hängiger Vorgrund, der endlich hoch genug wird, um den Ab bruch des Ufers gänzlich zu heben, oder ihn doch wenigste sehr zu mäſsigen. Steil gebaute Werke verursachen durch d an ihren Spitzen entstehenden Wirbel groſse Vertiefungen, u man findet daher, obgleich Faschinenwerke sehr vergängli sind, und oft in ihren obern Lagen erneuert werden müss diese am zweckmäſsigsten. An süſsem Wasser gewährt d Ausgrünen der Weidenzweige, die man oben an den Faschine werken anbringt, einen angenehmen Vortheil; an salzigem W ser muſs man auf diesen Vortheil Verzicht leisten, indeſs h ben auch da, selbst bei einer Wassertiefe von 30 bis 40 Fuſs gut gebauete Faschinenwerke am besten dem Zwecke entsp chen. Da wo man bloſs den Meereswogen entgegen bauet, b ruhet der Vortheil, den diese Einbaue gewähren, darauf, d sie zwischen sich ein stilleres Wasser machen und dem Sa und Schlamme erlauben, sich zu senken. Je mehr dadurch d Vorgrund des eigentlichen Ufers an Höhe zunimmt, desto w niger ist es der Gefahr weitern Abbruchs ausgesetzt, und es i

her gewiſs, daſs auch hier Einbaue von Nutzen sind, obgleich
ie groſse Kostbarkeit die Anlagen schwierig macht, und die Vor-
ssicht eines nie endenden Kampfes mit dem stürmischen Meere
derschlagend seyn würde, wenn nicht die Ueberzeugung,
ſs nur durch solche Mittel das Land gesichert werden kann,
ie dringende Aufforderung zur Fortführung dieses Kampfes
thielte.

Angenehmer ist der Zweck des Wasserbaues da, wo man
wachs zu bewirken, oder den schon freiwillig entstehenden
befördern Hoffnung hat. Es ist sehr bekannt, daſs die frucht-
ten Marschländer an der Nordsee ehemals durch Niederschlag
er fetten Erde aus dem Meereswasser entstanden sind[1]. Die
sachen, welche ehemals hier gewirkt haben, dauern nicht
rall noch eben so günstig wirkend fort, sondern an sehr vie-
 Orten ist eben dieses ehemals angeschlämmte Land einem
rken Abbruche unterworfen, so daſs es scheint, daſs ehemals
Gewalt der Ströme den Wellenschlag kräftiger zurückgehal-
 habe, oder mit andern Worten, daſs unter den einander
gegen wirkenden Ursachen ehemals die eine mächtiger war,
zt die andere. Die Ströme nämlich, wo sie sich ins Meer er-
ſsen, geben eine Veranlassung zum Anwachs, indem die von
en fortgeführten trüben Theile sich hier zu Boden senken,
 die Gewalt des Stromes gänzlich aufhört; aber dieser leicht
der aufzuregende Niederschlag hat an den stürmischen Mee-
wogen einen nie ruhenden Feind, und die frühern sehr aus-
lehnten Anschlämmungen konnten entweder nur durch eine
der stürmische Zeit begünstigt, oder durch vorliegende In-
 geschützt entstehen, oder vielleicht dadurch, daſs ein viel
ter zurückgehender (unser jetziges Land mit umfassender)
her Abhang den Angriff der Wellen schwächte. Es giebt
h jetzt Stellen, zum Beispiel am Ausflusse der Weser, wo
See-Ufer in völligem Beharrungsstande ist, und wo die
t ausgedehnte Abflächung des Bodens vom grünen Ufer an
de diejenige ist, welche den Wellen keinen zureichenden
griff gestattet, um nachtheilig zu werden, wo aber doch auch
bei stillen Fluthen zu Boden gesunkene Schlamm und Sand
türmischen Winterfluthen wieder verloren geht. An diesen
len lieſse sich allenfalls ein Anwuchs erzwingen, aber er

1 Vergl. *Geologie* Th. IV. S. 1322.

würde mit zu vielem Aufwande verbunden seyn. Dagegen gi
es an geschützteren Stellen noch jetzt einen natürlichen Anwa
und selbst, wo dieser nicht statt findet, kann es der Mühe u
der Kosten werth seyn, ihn hervorzubringen. Da wo der, v
dem grünen Ufer liegende, Vorgrund einen so ungemeinen f
chen Abhang hat, daſs dieser auf einige hundert Fuſs Entf
nung nicht viel über einen Fuſs beträgt, da legt sich bei g
wöhnlichen Fluthen selbst der feinere, im Wasser zerthei
Schlamm zu Boden, und wenn er gut entwässert wird, so e
langt er während der stillen Sommerfluthen Consistenz gen
um auch den stürmischen Winterfluthen zu widerstehen. D
her ist der natürliche Anwachs da am Besten im Fortgange, w
sich durch Zufall kleine Rinnen, in denen das Wasser bei d
ersten Ebbe abläuft, gebildet haben, weil da der an andern St
len allzu feucht und halbflüssig bleibende Schlamm mehr Fe
keit erlangt. Die Kunst, den Anwachs an solchen Stellen
befördern, besteht daher nur darin, daſs man sehr flache Ve
tiefungen, vom Ufer hinauswärts laufend, gräbt, und die w
che Erde an die Seite wirft, von welcher die stürmischen Win
sie auf das zwischen liegende einige Ruthen breite Feld, und
nicht in den flachen Graben zurück führen. Diese kleinen,
wenn gleich nur aus Schlamm aufgeführten, nicht einen Fu
hohen Dämme werden bald fest und erlangen die Consistenz,
welche nöthig ist, um die ersten auf salzenem Boden wachsend
Kräuter hervorzubringen, und diese bedecken zuerst di
Dämme und dann bald auch die zwischen liegenden Stücke. D
es an Saamen zu diesen Pflanzen nie fehlt, so wird nach u
nach dieser Boden von selbst immer dichter mit Pflanzen be
die zwischen sich den Ruhestand des Wassers und das Sin
der Schlammtheile beförden, so daſs der Anwachs um so le
hafter fortgeht, und der Boden sich um so sicherer erhöhet,
mehr er schon begrünt ist. Dieses dauert nicht bloſs bis z
Höhe der täglichen Fluth, sondern noch weiter; denn obglei
die höheren Fluthen schon seltener sind, so kommen doch di
welche die gewöhnliche Fluth um 3 bis 4 Fuſs übersteigen, n
oft genug vor; diese bringen, weil sie mit stürmischem We
verbunden sind, viele erdige Theile mit, und dieser Schla
senkt sich zwischen den, zum Theil hoch aufwachsenden Kr
tern in starkem Maſse. Ganz ebenso müssen auch diejeni
Marschen entstanden seyn, die vor den Zeiten einer regelm

igen Beobachtung entstanden sind, doch deuten bei diesen die ngleichartigen Erdschichten auf ein nicht so gleichförmiges Aufachsen, wie wir es jetzt beobachten. An Stellen, wo der uhestand des Wassers nicht groſs genug ist, um so von selbst nwachs zu bewirken, kann man durch lange Einbaue diesen uhestand bewirken und dadurch selbst einen starken Abbruch langsamen Anwachs verwandeln.

Diese Bemerkungen bezogen sich auf die am Ufer der See ıtstehenden neuen Länder, deren jährlich gewonnene Fläche ch immer sehr ansehnlich ist und die, wenn sie hoch genug nd, durch Deiche gesichert die allerfruchtbarsten Felder gem. In Flüssen könnte man oft da, wo in Krümmungen das fer convex ist, ebenso und noch leichter Anwachs bewirken; er da dieses nicht immer ohne Nachtheil für das concave, gehnlich abbrechende, Ufer geschehen kann, so treten dabei andere Rücksichten auf den Nachtheil für den Nachbar ein, lche hindern, jenen Vortheil zu benutzen. Bei jenen Erscheingen, welche man an den See-Ufern beobachtet, glaubte ı um so eher verweilen zu dürfen, weil sie zugleich ein Phämen der physischen Geographie näher kennen lehren.

Die hydrotechnische Benützung des Wassers für die Schifffahrt llieſst sich gleichfalls an physikalische Betrachtungen an. Der asserschatz, aus welchem ein anzulegender Canal sein Wasser alten soll, muſs freilich vor allem nach örtlichen Umständen beıeilt werden, aber diese Beurtheilung hängt zugleich von der ıntniſs der Regenmenge und der Gröſse der Verdunstung ab. lie Hydraulik gehören, sowohl bei künstlichen Canälen, als Strömen, die man bequemer schiffbar machen will, die Fra-, wie groſs bei gegebenen Dimensionen des Canales oder sses und bei gegebenem Gefälle die Geschwindigheit des Strowird, ob man einen bestimmten Abfall, so wie er vorhanist, darf bestehen lassen, oder ob dieser durch Schleusen rbrochen werden muſs u. s. w. Auch der Wasser-Aufd, den jedes durch eine Schleuse gehende Schiff fordert, s nach Regeln, die in die Lehre von der Bewegung des Wasgehören, berechnet werden; der Bau der Schleusen for-Rücksichten auf die Lehrsätze der Hydrostatik, nach wel-ı die Stärke der Thüren, die Vorsichten bei Sicherung des ıdes u. s. w. müssen angeordnet werden.

Beim Hafenbaue, wo es vorzüglich auf die Sicherung der

Schiffe gegen die Wellen und zugleich auf die Mittel zu Erhaltung einer hinreichenden Tiefe ankommt, sind es besonders die Mittel, unter Wasser, und oft selbst bei groſser Tiefe, zu bauen, welche die gröſste Sorgfalt, so wie den Scharfsinn des Baumeisters in Anspruch nehmen. Es würde aber zu weit auſser dem Plane eines nicht auf Technologie, sondern nur auf Physik sich beziehenden Werkes liegen, wenn ich hierbei oder bei den Austiefungsmaschinen und andern Hülfsmitteln zur Erhaltung der Tiefe umständlicher verweilen wollte.

Eben diese Ueberlegung, nicht über den Plan des Buches hinauszugehen, nöthigt mich, von den Entwässerungen niedrigen Landes nur wenig zu sagen. Die Schöpfmaschinen, welche früher schon erwähnt sind, dienen vorzüglich, den Zweck, ein Stück Land auszutrocknen, zu erfüllen, und wo das Land zu niedrig liegt, um durch eine einzige Hebung trocken zu werden, da ist man genöthigt, das Wasser durch die erste Schöpfmaschine bis in ein Bassin und dann von da durch eine zweite bis zum freien Abflusse zu heben. In manchen Fällen aber kann man sich die Mühe des Ausschöpfens ganz oder zum Theil ersparen, wenn man im Stande ist, das von angrenzenden höhern Gegenden hereinströmende Wasser abzuhalten, und diesem einen andern Weg ins Meer oder in einen Strom anzuweisen. Manche Ländereien sind nicht durch das auf sie selbst fallende Regenwasser versumpft, sondern werden es dadurch, daſs die dahinter liegenden Gegenden ihre Gewässer ungehindert hierher senden, und da ist es vortheilhafter, diese um die niedrigen Gegenden weg zu leiten, wodurch dann diese von selbst eines trockneren Zustandes genieſsen. Auf diese Weise scheint die Austrocknung der Pontinischen Sümpfe möglich zu seyn.

Geschichte und Literatur.

Unter den hydraulischen Erfindungen, deren Urheber uns genannt werden, gehören die Wasserschraube des Archimedes und die Wasseruhren des Ktesibius zu den frühesten. Nach Vitruvius[1] Beschreibung der letztern wurde in dem Gefäſse, in welches das Wasser aus einer engen Oeffnung einströmte, ein Schwimmer gehoben, der eine gezahnte Stange trug und durch

1 De architectura. IX. 9.

diese Räder drehte, welche theils die Zeit anzugeben, theils andere Maschinen in Bewegung zu setzen, kleine Spielwerke (z. B. das Werfen von Steinchen) zu bewirken, angewandt wurden. Eine Einrichtung, die Stunden zu zeigen, bestand darin, daſs eine mit dem Schwimmer gehobene Figur mit ihrem Stabe die Stunde bezeichnete, wo also der Zufluſs des Wassers der Stunden-Abtheilung gemäſs angeordnet seyn muſste. Schon Ktesibius im 2ten Jahrhundert vor Christo oder wenigstens der etwas später lebende Hero nehmen hierbei auf die Ungleichheit der Stunden und auf den ungleich schnellen Zufluſs des Wassers Rücksicht. Weil nämlich die zwölf Tagesstunden nicht in jedem Monate gleich waren, so wurden diese ungleichen Stunden-Abtheilungen auf verschiedene Seiten jener Säule, gegen welche der Stab der Statüe zeigte, aufgetragen und in jedem Monat die ihm entsprechende Abtheilung hervorgewendet. Vitruv erzählt, daſs das in einer engen Röhre heruntergleitende Gewicht, indem es die verdichtete Luft hervordrängte und dadurch einen Ton hervorbrachte, den Ktesibius auf die Verbindung von hervorströmendem Winde und entstehenden Tönen aufmerksam gemacht und zu Verfertigung hydraulischer Maschinen, worunter auch die Wasser-Orgel genannt wird, veranlaſst habe.

Hero, von welchem noch ein Buch *Pneumatica seu spiritalia* vorhanden ist[1], war ebenfalls durch künstliche Wasseruhren berühmt, und giebt in jenem Buche Springbrunnen und andere hydraulische Kunstwerke an, die zum Theil noch unter seinem Namen (*Heronsbrunnen*, *Heronsball*) bekannt sind. Hippias soll sie noch mehr verbessert haben.

Wassermühlen waren ebenfalls schon vor Vitruvius bekannt, und Ausonius (im 4ten Jahrhundert nach Christo) erwähnt auſser ihrer Anwendung zu Kornmühlen auch die Anwendung zum Sägen des Marmors.

Ueber die Abmessung und Austheilung des der Stadt Rom geleiteten Wassers theilt Julius Frontinus (im Anfang des ...n Jahrhunderts nach Christo) umständliche Nachrichten mit. ... erwähnt zwar die Ungleichheit des Ausflusses, die bei gleichen Oeffnungen und gleichen Röhren aus der ungleichen Höhe des Wasserstandes hervorgeht, scheint aber eine genaue Ver-

1 Lateinisch durch Commandinus. Paris. 1575.

rieure de la France et de l'Angleterre. 2 Tomes. J. Smeaton's historical Report on Ramsgate Harbour. London 1791.

Prony description hydrographique et historique des marais Pontins; où l'on trouve une analyse raisonnée des projets proposés pour le dessèchement, etc.

Fossombroni saggio sulla bonificazione delle Paludi Pontini. (in der Memorie di matematica e fisica della Societa Italiana. XVII. *B.*

Hydrodynamik.

hydrodynamica; hydrodynamique; *hydrodynamics*. Unter diesem Namen, der eigentlich sowohl die Gesetze des Gleichgewichts als der Bewegung flüssiger Körper andeuten könnte, begreift man nur die Lehren von der Bewegung flüssiger Körper.

1. Darstellung derjenigen Lehren der Hydrodynamik, welche theils auf Erfahrungen gegründet, keiner rein theoretischen Entwickelung fähig sind.

Einer der einfachsten Fälle, wo sich uns Bewegung des Wassers darbietet, ist das Ausflieſsen desselben aus Gefäſsen. Die Betrachtung wird am einfachsten, wenn die Ausfluſs-Oeffnung sehr klein ist, und daſs da die Ausfluſsmenge, bei einer, bloſs der Schwere unterworfenen, Flüssigkeit vorzüglich von der Druckhöhe, von der Tiefe des Wassers unter der Oberfläche abhänge, scheint einleuchtend. Man könnte nun erstlich experimentirend einen doppelten Weg einschlagen, um die Geschwindigkeit des ausflieſsenden Wassers zu bestimmen, und zweitens eben diese aus theoretischen Schlüssen herleiten.

Um die Geschwindigkeit des hervorströmenden Wassers zu beobachten, sey zuerst die Oeffnung, die wir noch immer als sehr klein voraussetzen, so gestellt, daſs der Wasserstrahl horizontal hervorbreche; dann wird jedes Wassertheilchen als ein
Fig. geworfener Körper anzusehen seyn, und wenn die Höhe ab
120. dem Fallraume in 1 Sec. gleich ist, so wird die Entfernung bc, in welcher der parabolische Strahl ac den horizontalen Boden

, gleich der horizontalen Geschwindigkeit des in a her-
enden Wassers seyn. Die kleinen Correctionen, wel-
ɔei wegen des Widerstandes der Luft erforderlich sind,
:h leicht anbringen. Stellt man dieses Experiment an,
man, mit einer völlig genügenden Genauigkeit die Ge-
igkeit gleich derjenigen, welche ein von der Oberfläche
Flüssigen, bis zur Oeffnung a frei und vertical herab-
· Körper im freien Falle erreichen würde, und diese Ge-
igkeit ist dem gemäſs, was eine theoretische Bestimmung
Ein zweites Mittel, die Ausfluſsgeschwindigkeit zu
en, scheint sich in der Abmessung der ausgeflossenen
des Flüssigen darzubieten. Ist die Oberfläche e d so
aſs in 1 Min. nur ein unerhebliches Sinken derselben
ı kann, so beobachte man, wie viel Cubikzolle Wasser
r Zeit ausflieſsen; es scheint nun, daſs man die ausge-
Menge als einen Cylinder ansehen dürfe, dessen Quer-
die Oeffnung ist, und also die Länge dieses Cylinders
in 1 Min. von dem hervordringenden Wassertheilchen
ufenen Raum, und dass sich so eine zweite Bestimmung
Ausfluſsgeschwindigkeit ergebe. Stellt man diesen Ver-
irklich an, so findet man die Wassermasse, welche aus-
viel geringer, als sie nach der, vermittelst der ersten Me-
gefundenen, Geschwindigkeit seyn sollte. Dieser Unter-
der Angaben liegt nicht in einer unrichtigen Bestimmung
:h der vorigen Methode gefundenen Geschwindigkeit, son-
ine sorgfältigere Beobachtung zeigt, daſs der Querschnitt
ısflieſsenden Wasserstrahles nicht der Ausfluſs-Oeffnung
ist, sondern daſs auſserhalb dieser eine Zusammenziehung
rahles (*contractio venae*) erfolgt. Statt also aus der Was-
ıge und der gegebenen Gröſse der Oeffnung die Geschwin-
t berechnen zu wollen, muſs man die letztere vielmehr
ırch theoretische Schlüsse oder durch die Bestimmungen
sten Methode gegeben ansehen, und kann dann aus der
chteten Wassermenge den Querschnitt des zusammengezo-
ı Strahles berechnen, den man theils hierdurch, theils
. wirkliche Messung bestimmt und gefunden hat, daſs der
hmesser des hervordringenden Strahles bei Kreis-Oeffnun-
n dünnen Wänden ziemlich nahe $\frac{4}{5}$ der Oeffnung ist.
Diese Zusammenziehung des Strahles entsteht daher, weil
: bloſs die in senkrechter Richtung gegen die Wand oder

den Boden liegenden Theilchen gegen die Oeffnung heranrücken, sondern auch von der Seite her sich Wassertheilchen herzudrängen, die ihre gegen die Axe des Strahls geneigte Richtung noch auſserhalb der Oeffnung behalten, und die Form des verengerten Wasserstrahles bestimmen. Diese in schiefer Richtung in die Oeffnung eintretenden Theilchen hindern, daſs nicht so viele Wassertheilchen in gerader Richtung eintreten können, als zur Ausfüllung der Oeffnung erforderlich wäre, und die Menge des ausflieſsenden Wassers ist daher verschieden, je nachdem die Richtung der Wassertheilchen in der Oeffnung durch angebrachte Röhrchen anders bestimmt wird, oder ganz dem freien Zutreten von der Seite her gemäſs ist.

Man hat schon seit der Mitte des 17. Jahrhunderts Versuche über diesen Gegenstand angestellt. Castelli glaubte 1640 aus einem unvollkommenen Versuche zu finden, daſs die Geschwindigkeit des ausflieſsenden Wassers der Druckhöhe proportional sey[1]. Schon Torricelli stellte dagegen den richtigen Satz auf, daſs die Geschwindigkeiten sich verhalten, wie die Quadratwurzeln aus den Druckhöhen[2], den auch Mariotte[3] und besonders Guglielmini[4] durch eine Reihe sehr gut zusammenstimmender Versuche bestätigten. Vorzüglich sorgfältige Versuche, die nicht allein das Verhältniſs der Ausfluſsmenge bei verschiedenen Druckhöhen, sondern die wahre Quantität der ausgeflossenen Wassermenge betreffen, hat Poleni im Anfange des vorigen Jahrhunderts angestellt[5]. Er richtete besonders seine Aufmerksamkeit auf die bei gleichen Wasserhöhen, und gleich groſsen Oeffnungen dennoch ungleich hervorgehende Wassermenge, die nämlich am wenigsten betrug, wenn der Wasserstrahl aus einer bloſsen, in einem dünnen Bleche gebohrten Oeffnung hervordrang, und bedeutend zunahm, wenn man eine cylindrische oder conische Röhre von einigen Zollen lang an die Oeffnung ansetzte; bei diesen verschiedenen Anordnungen der Ausfluſs-

---

1 Della misura dell' acque correnti in der nuova raccolta d'autori, che trattano del moto dell' acque. Parma 1766. Vol. I.

2 Del moto dei gravi. 1644.

3 Du mouvement des eaux. 1686.

4 De mensura aquarum fluentium.

5 De castellis, oder mit dem italienischen Titel: delle pescaje in der oben erwähnten Raccolta III.

ndert sich nämlich der Querschnitt des zusammenge- Strahles, und nach POLENI's Bemerkung vermischen von den verschiedenen Seiten kommenden Wassertheil- ır beim Gebrauche der Ansetzröhrchen, als bei einer Oeffnung in einer dünnen Platte. Er zeigte dieses da- laſs er auf die eine Seite des hervordringenden Strahles achte, die bei einer dünnen Platte fast völlig, bis auf Entfernung, an dieser Seite des Strahles blieb, statt daſs inem Ansatzrohre sich schneller durch den ganzen Strahl :e.

n Durchmesser des zusammengezogenen Strahles, den $= \frac{41}{52}$ des Durchmessers der Oeffnung angab, fand ıN[1] durch wirkliche Abmessung $= \frac{42}{50}$; DANIEL BER- [2] leitet aus seinen Versuchen $\frac{1}{\sqrt{2}}$ oder $= 0{,}707$ her, ses stimmt mit NEWTON's Verhältniſs $= (0{,}84)^2 = 0{,}7056$ ı[3].

ine eben solche Abmessung, die BORDA angestellt hat, h hier sogleich mit anführen; sie gab den Durchmesser ısammengezogenen Strahles $= 0{,}802$, also seinen Inhalt 47 der Oeffnung. BORDA glaubt, NEWTON's Versuch habe ı zu geringer Gröſse der Oeffnung mehr gegeben[4].

n neuerer Zeit haben BOSSÜT, LANGSDORF, VINCE, MI- ›TTI, EYTELWEIN und HACHETTE Versuche über diesen nstand angestellt. Die Versuche der beiden ersteren er- ı[5] den Querschnitt des zusammengezogenen Strahles bei ıungen in dünnen Platten $= 0{,}62$, für cylindrische Ansetz- n $= 0{,}8$ bis $0{,}81$ der Oeffnung; dieses Verhältniſs vermin- sich ein wenig bei gröſsern Druckhöhen. VINCE[6] macht Bemerkung, da der Querschnitt des zusammengezogenen ıles kleiner sey, als die Oeffnung, so müsse man die Ge-

---

1 Princ. phil. nat. Lib. II. p. 36.

2 Hydrodynamica. Sect. 4. §. 3.

3 Vergl. KÄSTNER's Hydrodynam. S. 62.

4 Mém. de Paris. 1766. p. 587. BORDA's übrige Versuche schei- mir nicht wichtig genug, um sie umständlicher anzugeben.

5 BOSSÜT Lehrbegr. d. Hydrodynamik; übers. v. Langsdorf, und ıgsdorf's Lehrb. d. Hydraulik. S. 8.

6 Phil. Tr. 1795. I.

ſchwindigkeit als bis dahin, wo der Strahl am dünnſten iſt, zunehmend anſehen. Wenn Vince im horizontalen Boden eine Oeffnung in 12 Zoll Tiefe machte und da die Ausfluſsmenge beobachtete, und wenn er dann zu einem zweiten Verſuche eine 1 Zoll lange Röhre anſetzte, ſo daſs die eben ſo groſse Mündung der Röhre 13 Zoll unter der Oberfläche lag, ſo verhielten ſich die Waſſermengen nicht wie $\sqrt{12} : \sqrt{13}$, ſondern wie 3 : 4, und eben die Waſſermenge blieb ziemlich unverändert, wenn auch die Anſatzröhre nur ½ Zoll lang war; bei ¼ Zoll Länge war die Ausfluſsmenge faſt ſo wie ohne Anſatzröhre, aber es fand ſich auch, daſs der zuſammengezogene Strahl bei ſo kurzen Röhren nicht die ganze Röhre füllte. Hier zeigte ſich alſo deutlich die Wirkung der Anſatzröhre, aber Vince erwartete mit Unrecht, daſs die Waſſermenge ſich nach Maſsgabe der Druckhöhe über der unterſten Oeffnung vermehren ſollte; er vergaſs, daſs ja unten nicht *mehr* ausflieſſen konnte, als die obere Oeffnung der Röhre aufnahm, und daſs hier nicht eine ſo erhebliche Vermehrung des Zufluſſes ſtatt finden konnte, wie in andern, nachher zu erwähnenden Fällen. Vince fand alſo für Oeffnungen in dünnen Platten und in kurzen cylindriſchen Anſatzröhren das Verhältniſs der Waſſermengen ziemlich wie Boſsüt und Langsdorf. Er bediente ſich auch coniſcher Anſatzröhren und zwar theils ſolcher, die ſich nach auſsen erweiterten, theils ſolcher, die ſich nach auſsen verengerten, und unterſuchte, ob ſich ein Druck auf die Wände dieſer kurzen Röhrchen wahrnehmen lieſse. Um dieſen wahrzunehmen, machte er Oeffnungen in die Wände der Röhre und fand, daſs bei den cylindriſchen, oder ſich nach auſsen erweiternden Röhren zwar etwas Waſſer hervordrang, aber ohne eine erhebliche Kraft oder ohne ſeitwärts fort zu ſpritzen, bei den ſich nach auſsen verengernden Röhren dagegen ſpritzte das Waſſer aus den Oeffnungen der Seitenwand hervor. Der Grund liegt offenbar darin, daſs bei den ſich erweiternden Röhren und ſelbſt bei cylindriſchen Röhren die am Eintritte herzudringende Quantität des Flüſſigen nur gerade ausreicht, um den Abfluſs zu erſetzen, ſtatt daſs die auſsen engere Röhre nicht ganz ſo viel abflieſsen läſst, als in die weitern Oeffnungen nachdringen kann, und dieſer ſtärkere Zudrang den Seitenöffnungen auch noch geſtattet, Waſſer mit erheblicher Ausfluſsgeſchwindigkeit herzugeben.

Noch weit mehr Werth, als dieſe, haben Eytelwein's

¹, wo bei 4 Fuſs Waſserhöhe und 266 Quadratzoll itt des Gefäſses, die Ausfluſsmündung immer 1 Zoll . Hier ward nun beobachtet, in wie langer Zeit ein n 4156 Cubikzollen gefüllt wurde, und die Ungleich- r Zeiten, je nachdem eine oder die andre Ansatzröhre t wurde, machte den Gegenstand der Beobachtungen aus. ard indeſs das Gefäſs, aus welchem das Waſser ausfloſs, illt erhalten, weil die bei zuflieſsendem Waſser unver- hervorgehende unregelmäſsige Bewegung des Waſsers s das gleichmäſsige Ausflieſsen störte; da es aber hier die Vergleichung des Ausfluſses nach Verschiedenheit ·chen ankam, so nehme ich auf die ſpäter zu erwähnen- ichheit der Geschwindigkeit bei einem sich ausleeren- äſse hier nicht Rücksicht. Jenes als Maſs dienende Ge- de in 59½ Sec. gefüllt, wenn die Mündung in einer ½ icken Platte war, und dann betrug die Ausfluſsmenge der berechneten Quantität, die nämlich der bekannten indigkeit gemäſs bei nicht contrahirtem Strahle ausflieſsen Dagegen füllte sich des Gefäſs schon in 37½ Sec., wenn ie Einfluſsröhre, deren äuſsere Mündung 12 Lin., die Mündung 15 Lin. war und deren Länge 8 Lin. betrug, ern des Gefäſses anfügte. Hier war also die Ausfluſs- = 0,9798 der berechneten, und dieses bloſs deshalb, er störende Seitenzufluſs nahe vor der Ausfluſsöffnung lie kleine Einmündungsröhre abgehalten und der Zufluſs m Innern des Gefäſses so zugeleitet wurde, wie es die rst im Freien entstehende Form des zusammengezognen fordert. Brachte man eine der vorigen Einmündungs- ganz ähnliche an, setzte aber zugleich noch auſserhalb sfluſsröhrchen an, das 8$\frac{13}{16}$ Zoll lang und am Ausfluſsende oll weit vor, so füllte sich das zur Messung dienende Ge- 23⅔ Sec. und die Waſsermenge betrug nun mehr, als sie Zoll weiter Oeffnung, nach der Berechnung betragen sollte, h 1,5526 der theoretisch bestimmten Menge. Hier zeigte sich ie Einwirkung der vor der Oeffnung angefügten Ansatzröhre utlichsten, und diese scheint darin zu bestehen, daſs die An- ngskraft der Röhre gegen das Waſser bewirkt, daſs die Röhre anz füllt, und dann aus der vordern weitern Mündung sogar

Handb. d. Mechanik fester Körper und der Hydraulik. S. 118.

mehr ausflieſst, als der kleinern Zufluſsöffnung gemäſs scheint. Fig. 121. Oeffnet man nämlich plötzlich die Oeffnung ab, so ist der Druck des Wassers stark genug, um dem ausflieſsenden Wasser die ganze der Höhe hk zugehörige Geschwindigkeit zu ertheilen; die wirklich ausflieſsende Masse würde also bei völlig freiem Zuflusse wenigstens 0,61. 2ff. $\sqrt{g}$ h seyn, wenn h die Druckhöhe, also 2 $\sqrt{g}$h die erlangte Geschwindigkeit ist, und ff den Querschnitt der Oeffnung ab bedeutet. Dieser völlig freie Zufluſs wird nun freilich durch die engere Oeffnung cd gehemmt, aber indem im ersten Augenblicke ein stärkeres Hervorströmen aus ab statt fand, müſste zwischen cd und ab ein luft- und wasserleerer Raum entstehen, wenn der Zufluſs durch cd zum Ersatze des Ausflusses nicht hinreichte, und wenn dieser luftleere Raum wirklich entstände, so würde auf k ein Druck = h + Druck der Luft = h + 32 Fuſs das Hervordringen des Wassers durch cd befördern; freilich würde in eben dem Augenblicke auch der Druck der Luft auf ab den Ausfluſs des Wassers hemmen, aber dennoch ist es, obgleich es nie dazu kommt, daſs vor cd ein leerer Raum entstände, jener von k her verstärkte Druck, welcher den Ausfluſs unterhält. Versuche von Dan. Bernoulli[1] und die ganz eben so ausgeführten von Venturi[2] zeigen dieses noch deutlicher. Bei einem dieser Experimente war ebenso, wie im eben erwähnten Versuche, die äuſsere Mündung der horizontalen Röhre weiter, als die Einmündung und in dem Zwischenraume ca hatte eine Heberröhre fg Fig. 122. eine freie Verbindung mit dem Wasser in cb. So lange nur kein Ausfluſs statt fand, hatte das Wasser bei f eben die Höhe wie im Gefäſse, aber sobald das Ausflieſsen anfing, senkte sich das Wasser in f tiefer als die Oberfläche im Gefäſse, zum Beweise, daſs ein Heransaugen der Flüssigkeit in der Gegend ac statt fand, oder das zu schnelle Ausflieſsen des Wassers bei a das hinterwärts liegende, (vermöge des Drucks der Luft) mit sich fortriſs. Wäre bei Eytelwein's Versuche der Zufluſs ganz ungehemmt gewesen, so würde aus der Mündung, = $\frac{43}{24}$ Zoll weit, wenigstens 0,6. $(\frac{43}{24})^2$ = 1,9 mal so viel Wasser ausgeflossen seyn, als die für 1 Zoll theoretisch berechnete Wassermenge beträgt, weil sich die Wassermenge im Verhältnisse der Oeffnung vergr-

1 Comment acad. Petrop. IV. 194.

2 G. II. 430. 461.

ern sollte und doch wenigstens 0,6 der theoretisch bezeichne-n Menge ausflieſst; statt dessen floſs aber nur das 1,55 fache aus, ovon der Grund aus dem vorigen wohl zu übersehen ist. Im ſtleeren Raume fände also diese Vermehrung nicht statt. Einige ıdere Versuche Eytelwein's will ich nachher erwähnen.

Am meisten ins Groſse getrieben sind unstreitig die Versu-ie Michelotti's über diesen Gegenstand[1]. Zu denselben urde nahe bei Turin ein Arm des Flüſschens Cossola, der egen seines schnellen Falles sich gut dazu eignet, angewandt, nd ein mehr als 20 Fuſs hoher Wasserbehälter, der in der Be-ſchreibung der Thurm genannt wird, gebauet. Dieser Thurm it 27 Zoll dicken Wänden enthält einen innern Querschnitt on 9 Quadratfuſsen, sein Boden ist ein Fels und besteht aus nem einzigen Stücke. Er hat Seitenöffnungen zum Ausflieſsen es Wassers, deren eine ganz unten, die zweite 10 Fuſs hoch, ie dritte 15 Fuſs hoch, sich noch 5 Fuſs unter dem Boden des nleitungscanales befindet. Gallerien um den Thurm geben an en Orten, wo beobachtet werden soll, einen bequemen Stand-unct. Die Oeffnungen können sowohl durch die Deckplatte anz geschlossen, als durch vorgeschobene Platten zu einer be-immten Gröſse verkleinert werden. Ein Einleitungscanal von Fuſs breit und $57\frac{1}{2}$ Fuſs lang, dessen letzter 24 Fuſs langer heil aus einer, auf steinernen Bogen ruhenden, aus Mauer-erk aufgeführten Wasserleitung besteht, geht völlig horizon-l bis zum Thurme fort. — Die übrigen Einrichtungen hier ı beschreiben würde zu viel Raum fordern. Die Höhen des Vassers wurden während der ganzen Zeit eines Versuchs oft enug, um diejenige äquirte Höhe, die man in Rechnung brin-en muſste, zu bestimmen, angemerkt; das aus den Oeffnun-en ausgeflossene Wasser aber in einem genau ausgemessenen roſsen Behälter von 289 Quadratfuſs Querschnitt aufgenom-en und seinem Cubikinhalte nach berechnet.

Obgleich bei diesen, so wie bei einigen der schon erwähn-n Versuche die Ausfluſsöffnung erheblich groſs war, so daſs ıan auf die verschiedene Tiefe ihrer einzelnen Theile unter der berfläche Rücksicht nehmen müſste, so kann man doch, wie ch nachher auch theoretisch zeigen wird, bei quadratischen

1 Michelotti sperimenti idraulici. Torino. 1767. und Mich. Hy-raul. Versuche, übers. von Zimmermann. Berlin. 1808.

und kreisförmigen Oeffnungen die Mitte der Oeffnung, als den Punct, dessen Tiefe man in Rechnung ziehen muſs, ansehen. Aber bei den quadratischen Oeffnungen, die in einer 4 Linien dicken Platte eingeschnitten waren und 3 Zoll Seite hatten, fand sich, daſs die Ecken gar nicht von dem ausströmenden Wasser berührt wurden, und daſs der Strahl eine eckige Gestalt annahm, deren Querschnitte in mehr oder minderer Entfernung von der Oeffnung ungleich gefunden wurden[1].

Die Versuche wurden angestellt mit einer quadratförmigen Oeffnung von 3 Zoll Seite, an welche bei andern Versuchen eine 8 Zoll lange Röhre angesetzt wurde, und auch inwendig ein cykloidalischer Ansatz, als Zuleitung, angebracht werden konnte; ferner mit einer kreisförmigen Oeffnung von 3 Zoll Durchmesser, die entweder ohne Ansatzröhre, oder mit einer 8 Zoll langen cylindrischen Ansatzröhre gebraucht wurde; ferner mit 2 zölligen und 1 zölligen Oeffnungen. Diese Versuche wurden bei Wasserhöhen von ungefähr $6\frac{1}{2}$ Fuſs, $11\frac{3}{4}$ Fuſs, $21\frac{1}{4}$ Fuſs wiederholt. Hier ergab sich nun, daſs, indem man die theoretisch berechnete Geschwindigkeit als richtig annimmt, der zusammengezogne Strahl bei derselben Gröſse und sonstigen Einrichtung der Oeffnungen gleich gefunden wurde, man mochte die gröſsern oder die geringern Druckhöhen nehmen, daſs also die theoretisch berechneten Geschwindigkeiten bei ungleichen Höhen der wirklich ausflieſsenden Wassermenge proportional sind, und die Geschwindigkeiten also wirklich so groſs sind, wie diejenigen, die der Druckhöhe bei freiem Falle zugehören würden.

In Rücksicht auf die Vermehrung des Ausflusses bei angebrachten prismatischen oder cylindrischen Röhren auſserhalb, oder cykloidisch geformten Röhren innerhalb des Gefäſses geben die Versuche Resultate, die mit den schon erwähnten sehr nahe zusammenstimmen; ich theile hier eine kurze Uebersicht mit, worin bloſs die Gröſse, Gestalt und sonstige Einrichtung der Oeffnung, die Druckhöhe und das Verhältniſs der beobachteten Wassermenge zur berechneten, $=1$ gesetzten, angegeben wird[2].

---

1 In dem Werke Michelotti's sind diese Strahlen abgebildet; sie haben Aehnlichkeit mit der gleichsam gewundenen Form, die wir so oft an Wasserstrahlen bemerken, welche aus unregelmäſsigen Oeffnungen hervordringen.

2 Die vom jüngern Michelotti angestellten, im Anhange des

	Druckhöhe.			Beobachtete Wassermenge.
Quadratische Oeffnung von 3 Zoll Seite in einer 4 Lin. dicken Platte.	6′	8″	7‴,6	0,6141
	11	9	1,9	0,6126
	21	8	10,8	0,6135
Kreisförmige Oeffnung in einer dünnen Platte 3 Zoll Durchm.	6′	8″	4‴,0	0,6102
	11	7	9,2	0.6096
	21	7	3,4	0,6112
Quadratische Oeffnung von 2 Z. Seite in einer 4 Lin. dicken Platte.	6′	7″	9‴,9	0,6515
	11	7	3,0	0,6450
	21	7	1,8	0,6359
Eben die Oeffnung in einer Platte ½ Lin. dick.	6	9	10,1	0,6033
	21	8	10,7	0,6056
Kreisförmige Oeffnung von 2 Zoll Durchm. in einer dünnen Platte.	6	9	1,7	0,6132
	11	8	8,2	0,6024
	21	9	1,5	0,6025
Quadratische Oeffnung 1 Zoll Seite in einer dünnen Platte.	6	8	11,2	0,6086
	11	9	8,0	0,6061
	21	9	8,8	0,6047
Kreisförmige Oeffnung von 1 Zoll Durchmesser in einer dünnen Platte.	6	10	6,9	0,6197
	22	0	2,5	0,6226
Quadratische 3 zollige Oeffnung mit 8 Z. langer prismatisch. Ansatzröhre.	6	10	11,2	0,8147
	11	6	5,8	0,8026
	21	7	7,8	0,8132
Kreisförmige Oeffn. von 3 Z. Durchm. mit 8 zolliger cylindr. Ansatzröhre.	6	8	6,1	0,8402
	11	8	9,2	0,8463
	21	9	8,0	0,8416
Quadratische 2 zollige Oeffnung mit 8 Zoll langer Röhre.	6	8	8,0	0,8414
	11	7	4,5	0,8382
	21	8	11,6	0,829..
Kreisförmige 2 zollige Oeffnung mit 8 zolliger Röhre.	6	8	9,2	0,8233
	11	10	2,7	0,8253
	21	8	4,6	0,8230

kes von Michelotti mitgetheilten Versuche geben nahe dieselben ltate.

	Druckhöhe.			Beobachtete Wassermenge.
Quadr. 1 zoll. Oeffnung mit 8 zoll. Röhre.	6′	8″	9,2‴	0,8008
	21	8	6,1	0,7944
Kreisförmige 1 zoll. Oeffnung mit 8 zoll. Röhre.	6	9	8,0	0,7754
	21	9	7,1	0,7983
3 zollige quadrat. Oeffnung, inwendig mit cykloidiſchem Anſatze[1].	6′	7″	8‴,4	0,9283
	11	8	7,7	0,921..
	21	6	8,6	0,941..
Dieſelbe mit dem cykloid. Anſatze und auſsen mit einer 8 zolligen Röhre.	6	10	2,5	0,9499
	11	9	2,2	0,9626
	21	8	6,9	0,9566

Michelotti bemerkt, daſs die Länge der Anſatzröhre von 8 Zoll nicht für alle Oeffnungen gleich vortheilhaft zu Vermehrung der Quantität des ausflieſsenden Waſſers ſey, und Eytelwein hat dieſen Einfluſs, welchen die Länge der Röhre hat, noch genauer unterſucht. Gab er einer bloſsen cylindriſchen Anſatzröhre verſchiedene Längen, ſo nahm bei geringer Länge derſelben die Waſſermenge zu, bei gröſserer Länge wieder ab; ohne Anſatzröhre und ohne Einmündung = 0,6176
mit 3 Zoll langer Anſatzröhre = 0,8211
- 12 - - - - - - - - - = 0,7655
- 36 - - - - - - - - - = 0,6804
- 60 - - - - - - - - - = 0,6024

Brachte Eytelwein, ſo wie oben erwähnt iſt, innen die Einmündungsröhre als Nachahmung der Form des zuſammengezogenen Strahles und zugleich nach auſsen die ſich erweiternde Röhre an, ſo war die Waſſermenge:
ohne zwiſchengeſetzte Röhre = 1,5526
bei 3 Zoll langer zwiſchenges. Röhre = 1,3362
- 12 - - - - - - - - - - - - = 1,1051
- 24 - - - - - - - - - - - - = 0,9798
- 36 - - - - - - - - - - - - = 0,9073

---

1 Der Durchmeſſer des die Cykloide erzeugenden Kreiſes war = 18 Lin. = dem halben Durchmeſſer der Oeffnung. Nahm man ſtatt deſſen einen cykloidiſchen Anſatz, deſſen erzeugender Kreis = 24 Lin. Durchmeſſer hatte, ſo war die Waſſermenge noch etwas gröſser.

Die neuesten, mir bekannten, Untersuchungen über den ausfluſs des Wassers aus kleinen Oeffnungen sind von Hachette ngestellt[1]. Er fand, daſs die Zusammenziehung des Strahles eim Ausströmen aus Oeffnungen in dünnen Wänden bei sehr leinen Oeffnungen weniger beträgt, als bei etwas gröſsern, so aſs man bei Oeffnungen von 1 Millimeter Durchmesser den Querchnitt des zusammengezogenen Strahles = 0,69, bei Oeffnunen von 0,55 Millimeter Durchmesser = 0,77 setzen könne, ei Oeffnungen von 10 Millimetern Dnrchmesser sey er 0,60 bis ,63. Dieser Unterschied ist vermuthlich daraus zu erklären, aſs bei sehr engen Oeffnungen die Dicke der Wand des Gefäſses ıehr Einfluſs hat, und schon einer kleinen Ansatzröhre ähnlich irkt, wenn auch diese Dicke so geringe ist, daſs sie bei gröern Oeffnungen noch keine solche Einwirkung äuſsert. Indeſs aben die Versuche nicht immer genau einerlei Resultate. Die orm der Oeffnung hatte bei Gleichheit des Inhalts keinen erablichen Einfluſs auf die Menge des ausflieſsenden Wassers, enn die Umfangslinie nicht einwärts gehende Winkel hatte. iese einwärts vorspringenden Winkel geben dem Strahle eine ante, die zunächst an der Oeffnung durch zwei eine Höhlung ldende, weiterhin durch zwei einen Vorsprung bildende Fläen gebildet wird. Ueberhaupt geben zwei geradlinige Seiten er Oeffnung nicht dem Strahle zwei ebene Seiten, sondern da e Contraction in dem schmalern Zwischenraume an der Spitze nes gewöhnlichen Winkels geringer ist, als da wo der Zwihenraum gröſser wird, so erhält der Strahl statt zweier eber Oberflächen zwei convexe Flächen.

Wenn man an die Oeffnung eine kurze Ansatzröhre fügt, vermehrt diese die Ausfluſsmenge nur dann, wenn sie aus ıer Materie ist, die von der ausflieſsenden Flüssigkeit benetzt rd. Bei sehr kleinem Durchmesser der Ansatzröhre und einer r irgend erheblichen Länge nimmt dagegen die Ausfluſsmenge, gen des Widerstandes in der Röhre sehr ab; und ein Haarırchen giebt bei gröſserer Länge nur ein Hervordringen in zelnen Tropfen; je geringer der Druck ist, desto eher tritt ser Umstand ein.

Hachette behauptet ferner, daſs bei abnehmender Druckhe die Contraction sich sehr bedeutend vermindere, nämlich

1 Ann. de Chim. et de Phys. I. 202. III. 78.

bei 27 Millimeter Durchmesser der Oeffnung sey der Querschnitt des zusammengezogenen Strahls =0,60 gewesen für 150 Millimeter Druckhöhe, dagegen = 0,69 für 16 Millimeter. Ich muſs gestehen, daſs mir diese Schlüsse aus Versuchen, so sehr im Kleinen angestellt, nicht sehr überzeugend scheinen und daſs ich den ältern Versuchen hier mehr Vertrauen zn schenken geneigt bin. Bemerkenswerth ist indeſs Hachette's Erfahrung, daſs bei starkem Drucke die Ansatzröhren nicht mehr vom Wasser benetzt werden und daher ihre Wirksamkeit aufhört.

Wenn die Druckhöhe sehr klein wird, so nimmt der Strahl eine andere Form an, als vorher und zuletzt kommen statt eines susammenhängenden Strahls nur noch Tropfen hervor.

Das Phänomen der Zusammenziehung des Strahls findet auch beim Quecksilber statt; das Verhältniſs des Querschnitts des zusammengezogenen Strahls zur Oeffnung in einer dünnen Wand ist so, wie beim Wasser. Ein eisernes Röhrchen bewirkte in dem Ausflusse des ganz reinen Quecksilbers keine Veränderung, die Ausfluſsmenge blieb, wie bei der Oeffnung in einer dünnen Wand; war aber die Röhre im Innern mit einem Zinn-Amalgam bestrichen, so verminderte sich die Zusammenziehung des Strahls, so wie es beim Wasser mit Hülfe gläserner Ansatzröhren der Fall ist. Eben so konnte man beim Wasser den Einfluſs der Ansatzröhre aufheben, wenn ihre Wände mit Wachs überzogen waren und das Wasser also nicht anzogen.

Oel flieſst wegen seiner unvollkommenen Flüssigkeit langsamer als Wasser aus, und zwar so, daſs bei einer Oeffnung von 1 Millimeter Durchmesser in gleichen Zeiten nur etwa ein Drittheil soviel Oel als Wasser ausflieſst.

Bei Hachette's Versuchen im luftleeren Raume, wo nämlich das Wasser in einen mit sehr verdünnter Luft gefüllten Raum floſs, ist das besonders auffallend, daſs er da den Strahl wegen der durch den Druck der Luft stark vermehrten Geschwindigkeit, sich von den Wänden der Ansatzröhre trennen sah, wobei dann die Ausfluſsmenge sich so verminderte, wie es ohne Ansatzröhre der Fall seyn würde. Dieses dient der oben angeführten Behauptung, daſs jeder zu starke Druck die Wirkung der Ansatzröhre aufhebe, zu einiger Bestätigung.

Als eine eigne Classe von Versuchen verdienen hier noch die von Gerstner erwähnt zu werden, wobei die Geschwindigkeit, welche das Wasser in engen Röhren bei ungleicher

Wärme annimmt, bestimmt wurde. Diese Versuche zeigten, was schon Lichtenberg in einem Briefe an de Lüc [1] bemerkt atte, daſs mit der Wärme auch die Flüssigkeit des Wassers unehme. Bei Lichtenberg's Versuchen zeigte sich dieses adurch, daſs warmes Wasser beim Auströpfeln mehr Tropfen ls kaltes gab; bei Gerstner's Versuchen zeigte es sich durch ermehrte Schnelligkeit des Ausflusses [2]. Das folgende Täfelhen enthält die Resultate einiger dieser Versuche.

Höhe des Wasserstandes in Paris. Zoll.	Wärme in Réaum. Graden.	Geschwindigkeit des ausflieſs. Wassers in Paris. Zoll.	Abmessung der Röhren in Paris. Lin. u. Zollen.
10,7	30	16,2	Durch eine $\frac{4}{5}$ Lin. weite, 33 Zoll lange Röhre.
	4	7,8	
3,7	30	6,0	
	4	2,8	
10,7	40	26,6	Durch eine $\frac{8}{5}$ Lin. weite, 33 Zoll lange Röhre.
	4	25,1	
3,7	40	15,8	
	4	10,0	
10,7	30	38,4	Durch eine $\frac{5}{6}$ Lin. weite, 9,7 Zoll lange Röhre.
	4	28,4	
3,7	30	20,2	
	4	11,8	
10,7	40	48,7	Durch eine $\frac{10}{7}$ Lin. weite, 9,7 Zoll lange Röhre.
	4	44,0	
3,7	40	27,2	
	4	22,7	
10,7	40	25,7	Durch eine $\frac{12}{5}$ Lin. weite, 63 Zoll lange Röhre.
	2½	23,7	
3,7	40	14,7	
	2½	12,2	

Der Unterschied wird am auffallendsten da, wo eine enge d ziemlich lange Röhre durch den Widerstand der Wände die schwindigkeit sehr vermindert.

Ehe ich diese Versuche über den Ausfluſs des Wassers aus inen Oeffnungen und aus Röhren verlasse, mag hier noch ein eressanter Versuch Düfay's [3] Platz finden. Dieser lieſs, verlaſst durch einen von Varignon angestellten Versuch, reines

1 de Lüc neue Ideen über die Meteorol. I. 147.

2 G. V. 170.

3 Mém. de Paris. 1736. p. 191.

Wasser und eine gefärbte Flüssigkeit durch zwei sich durchkreuzende Röhren laufen und fand hierbei folgenden merkwürdigen Erfolg. Es wurden aus zwei Gefäſsen, deren eines mit Wasser, das andere mit rothem Weine oder einer andern stark gefärbten Flüssigkeit gefüllt war, die Röhre zum Abflusse, durchkreuzend, Fig. 123. so geführt, daſs AB das Wasser, CD die gefärbte Flüssigkeit aufnahm. Lieſs man dann durch gleichzeitig geöffnete Hähne beide Flüssigkeiten zugleich und mit gleicher Geschwindigkeit eintreten, so floſs das Wasser fast ganz rein durch BE, und die gefärbte Flüssigkeit eben so unvermischt durch DF aus; die eine Flüssigkeit schien also von der andern abzuprallen. Daſs dieses noch auffallender wurde, wenn der Theil ABE von dem Theile CDF durch eine horizontale Verbindungsröhre getrennt war, läſst sich hiernach wohl erwarten; diese Verbindungsröhre füllte sich etwa zur halben Länge mit einer, und zur halben Länge mit der andern Flüssigkeit.

An diese Versuche mag sich zunächst die theoretische Bestimmung der Geschwindigkeit des aus kleinen Oeffnungen flieſsenden Wassers anschlieſsen. Sie beruht auf der Ueberlegung, daſs der, durch die Wasserhöhe dargestellte Druck, als bewegende Kraft, proportional seyn muſs dem Producte aus der bewegten Masse in die Geschwindigkeit. Also wenn die Gröſse der Oeffnung $= ff$, Druckhöhe $= h$, Geschwindigkeit $= v$, hervordringende Masse $= v\ ff$ ist, $ff . h = m . ff . vv$ seyn muſs.

Da diese Betrachtung nachher noch gründlicher abgeleitet vorkommt, so will ich hier nur kurz bemerken, daſs man $m = \frac{1}{4g}$ findet, wenn g den Raum des freien Falls in der ersten Sec. bedeutet. Es ist also $v = 2 . \sqrt{g . h}$ oder so groſs, als die Geschwindigkeit, die ein von der Höhe $= h$ frei herabfallender Körper erlangt.

Diese Formel $v = 2 \sqrt{gh}$, welche die Ausfluſsmenge $= ff . v$ giebt, wenn man für ff den Querschnitt des zusammengezogenen Strahls setzt, läſst sich auch mit ziemlicher Genauigkeit auf gröſsere Oeffnungen anwenden. Hier müſste man offenbar, wenn eines bestimmten Punctes der Oeffnung Tiefe unter der Oberfläche $= x$, die hier statt findende Breite der Oeffnung $= y$ ist, $y dx$ als Querschnitt desjenigen Theiles der Oeffnung in welcher die Geschwindigkeit $= 2 \sqrt{gx}$ ist, ansehen, und $2 \sqrt{g} . \int y x^{\frac{1}{2}} dx$ gäbe für die ganze Oeffnung genommen

die Wassermenge. Wenn y eine Function von x ist, so fordert die Integration oft Entwickelungen, die hier, wo analytische Rechnungen zu erörtern nicht die Absicht ist, zu weitläuftig seyn würde; ich setze daher nur für die rechtwinkliche Oeffnung mit horizontalen und verticalen Seitenlinien y = a, und nehme an, die obere Seite der Oeffnung liege in der Tiefe = h, die untere in der Tiefe = h + b, dann ist jenes Integral zwischen den richtigen Grenzen genommen

$$= \tfrac{4}{3} a \sqrt{g} \, . \left\{ (h + b)^{\frac{3}{2}} - h^{\frac{3}{2}} \right\}$$

also ziemlich nahe $= 2 a \sqrt{g} \left\{ h^{\frac{1}{2}} . b + \tfrac{1}{4} \frac{b^2}{\sqrt{h}} - \tfrac{1}{24} \frac{b^3}{\sqrt{h^3}} \right\}$

$$= 2 a b \sqrt{gh} \left\{ 1 + \tfrac{1}{4} \frac{b}{h} - \tfrac{1}{24} \frac{b^2}{h^2} \right\};$$

hätte man dagegen angenommen, es sey für die ganze Oeffnung = ab, die Geschwindigkeit so groſs als es der mittleren Tiefe angemessen ist, $= 2 \sqrt{g (h + \frac{1}{2} b)}$, so wäre die Wassermenge

$$= 2 a b \sqrt{g} . \sqrt{(h + \tfrac{1}{2} b)}$$

$$= 2 a b \sqrt{gh} \left\{ 1 + \tfrac{1}{4} \frac{b}{h} - \tfrac{1}{32} \frac{b}{h^2} \right\}.$$

ieser Ausdruck giebt schon keine erhebliche Abweichung von em vorigen, wenn auch $b = \frac{1}{10} h$ wäre, und bei gröſsern Werhen von b wird man ohnehin, wegen der dann entstehenden Inregelmäſsigkeit des Ausflusses, keine strenge Rechnung mehr ihren können, indem bei allzu geringer Höhe des Wassers ber der Oeffnung, die Oberfläche eine trichterförmige Vertieang zeigt. Hierher gehört dann auch die Frage, wie man rechen muſs, wenn das Gefäſs sich allmählig ausleert. Es ey die Oeffnung klein = ff und φ^2 gebe den Querschnitt des efäſses an der Stelle an, wo sich eben jetzt die allmälig sinende Oberfläche befindet. Heiſst dann x die Tiefe der Oeffung unter der Oberfläche, so ist bei einem Sinken der Oberiche = dx, die fortgeflossene Quantität $= \varphi^2 . dx$; eben iese ist aber auch, (wegen des Ausfluſsgeschwindigkeit $= 2 \sqrt{gx}$) $= 2 f^2 . \sqrt{gx} . dt$ in der Zeit = dt, und folgch $dt = \frac{-\varphi^2}{2 f^2} . \frac{dx}{\sqrt{gx}}$, negativ, weil x abnimmt, das ist $= \text{Const.} - \frac{\varphi^2}{f^2} \sqrt{\frac{x}{g}}$ für ein constantes φ^2.

War also für $t = 0$, die Höhe $x = h$, so ist allgemein $t = \frac{\varphi^2}{f^2}\left(\frac{\sqrt{h} - \sqrt{x}}{\sqrt{g}}\right)$. Dürfte man diese Formel anwenden, bis $x = 0$ würde, oder bis alles Wasser ausgeflossen ist, so wäre die Zeit der Ausleerung $= \frac{\varphi^2}{f^2}\sqrt{\frac{h}{g}}$, und in dieser Zeit wäre die Wassermenge $= \varphi^2 . h$ ausgeflossen, da das Gefäſs als überall gleich weit vorausgesetzt wurde. Hätte man die Höhe $= h$ immer unverändert erhalten, so wäre die Geschwindigkeit $= 2\sqrt{gh}$ und die Ausfluſsmenge während der Zeit $= \frac{\varphi^2}{f^2}\sqrt{\frac{h}{g}}$ wäre $= 2f^2 . \sqrt{gh} . \frac{\varphi^2}{f^2}\sqrt{\frac{h}{g}} = 2\varphi^2 h$ doppelt so groſs als vorhin.

Die Berechnung der aus gegebenen Gefäſsen bei gegebener Höhe und Oeffnung ausflieſsenden Wassermenge findet mannigfaltige Anwendung. Die Fälle, wo man die Druckhöhe wählen und sie daher so bestimmen kann, daſs eine Wassermenge, so groſs, als ein gewisser Zweck sie fordert, ausflieſse, oder wo man die Gröſse der Oeffnung der geforderten Wassermenge gemäſs festsetzen soll, oder wo man nach gegebenen Verhältnissen einen bestimmten Wasservorrath unter mehrere Ausfluſsöffnungen vertheilen soll, lieſse sich ihren Gründen nach leicht übersehen[1]. Wie fern die Anordnung der *Springbrunnen* von den hier betrachteten Gesetzen abhängt, wird in einem eigenen Artikel gezeigt. Ich will daher nur bei den Anwendungen auf die Pumpen und auf den Heber einen Augenblick verweilen.

Bei der Druckpumpe kommt die Frage vor, mit welcher Geschwindigkeit des Wassers die aus der Röhrenmündung A, deren Höhe $= h = AD$ oberhalb der Grundfläche des Kolbens gegeben ist, ausflieſst. Hier giebt man das auf B C drückende Gewicht $= P$, welches den Kolben nieder treibt, durch die Höhe einer Wassersäule $= H = \frac{P}{f^2}$ an, wenn f^2 der Querschnitt des Cylinders ist; die Ausfluſsgeschwindigkeit gehört dann der Höhe $= H - h$ zu, wenn man bei der Bestimmung von H schon auf Reibung und andere Hindernisse Rücksicht genommen hat[2].

---

1 Prony sur la mesure appellée pouce du fontainier. Ann. de Phys. et Chim. III. 241.

2 Vergl. Art. *Druckpumpe*.

Bei der Saugpumpe ist die vorzüglich hieher gehörende Frage die, wie schnell das durch die Oeffnung am untern Ende der Saugröhre hinaufsteigende Wasser ausflieſst, und wie schnell daher der Kolben sich bewegen muſs, um dem eintretenden Wasser kein Hinderniſs in den Weg zu stellen. Dabei muſs dann der Druck der Luft auf die auſsen stehende Wasserfläche als von der einen Seite wirkend, die schon gehobene Wassersäule mit dem Drucke der verdünnten Luft vereinigt, als von der andern Seite wirkend, in Betrachtung gezogen werden. Auſserdem kommt auch noch die Rücksicht auf die etwas veränderte Ausfluſsmenge in dem Falle, wenn der Strahl in eine Wassermasse eintritt, hier vor.

Beim Heber hängt die Bestimmung der ausflieſsenden Was-ermenge von folgender Ueberlegung ab. Ist einmal das ganze Heberrohr gefüllt, und es ist der Druck der Luft einer Wasser-äule von der Höhe = k gleich, so findet in A bloſs der Druck ler Atmosphäre = k statt; in B′, wenn die verticale Höhe 3C = h ist, hat man den Druck = k — h, in D würde der Fig.
Druck, wenn BE = h′ heiſst, = k — h + h′ seyn, oder durch 125.
ine so hohe Wassersäule dargestellt werden, wenn D sich im uftleeren Raume befände; im gewöhnlichen Falle wirkt aber er Druck der Luft = k in D, fast genau so stark als in A, ent-gen, und h′ — h = CE ist also die der Ausfluſsgeschwindig-eit zugehörige Druckhöhe, die durch den Widerstand in den öhren noch um etwas vermindert wird.

Dieser Widerstand, welchen das Wasser beim Fortflieſsen ı längeren Röhren leidet, würde ebenfalls einen besondern Ge-enstand der Hydrodynamik ausmachen; da sich aber darüber › wenig theoretisch Begründetes sagen läſst, so übergehe ich iesen Gegenstand gänzlich[1].

Eben so wenig leistet die Theorie in Beziehung auf die ewegung des Wassers in offenen Canälen und in Strömen. elbst die Frage, welche Gestalt die Oberfläche des Wassers

---

1 Um so mehr, da im Art. *Druckpumpe* etwas hierher Gehöri-es vorkommt. Vergl. Büat Grundlehren der Hydraulik. Prony re-erches sur la théorie des eaux courantes — nd einige theoreti-he Untersuchungen in Euler's Gesetze des Gleichgewichts und der ewegung flüssiger Körper. S. 369. endlich G. XXXIV. 157.

annimmt, wenn dieses aus einem oben offenen Einschnitte in der Wand des Gefäſses hervordringt, ist theoretisch noch gar nicht, und auch praktisch wohl nicht genügend beantwortet. Eytelwein's Versuche[1] geben allerdings einige Aufschlüsse, und Poncelet hat die Gestalt der Oberfläche noch genauer bestimmt, indem er von einem horizontalen Brette dünne Stäbchen bis auf die gekrümmte Oberfläche herabreichen lieſs, und so Abscissen und Ordinaten derselben erhielt[2].

Die Fragen, wie in Strömen die Geschwindigkeit vom Gefälle abhängt, wie und nach welchen Gesetzen sie in den verschiedenen Höhen über dem Boden verschieden ist u. s. w. sollte eigentlich die Hydrodynamik beantworten; aber man ist bis jetzt noch nicht dahin gelangt, das, was die Versuche lehren, unter allgemeine Gesetze zu bringen[3].

Alle diese Lehren sind vorzüglich deswegen einer theoretisch strengen Entwickelung nicht fähig, weil erstlich das Gesetz der Stetigkeit hier so oft verletzt wird, und zweitens sich andere Hindernisse der Bewegung einmischen, die sich nicht genau bestimmen lassen. Bei dem Ausflusse aus Gefäſsen zum Beispiel ist der plötzliche Uebergang vom weiten Gefäſse zur sehr engen Oeffnung ein ganz vom Gesetze der Stetigkeit abweichender Umstand, beim Uebersturze über ein Wehr oder beim Hervorstürzen aus einem oben offenen Einschnitte in die Wand, bei den Krümmungen der Röhren, Canäle und Ströme, bei ihren unregelmäſsigen Verengerungen u. s. w. findet eben das statt. Der Widerstand, den die Bewegung an den Röhrenwänden und an der Oberfläche des Fluſsbettes leidet, lieſse sich noch eher als eine Function der Geschwindigkeit, wenigstens mit Hülfe von Versuchen bestimmen, obgleich auch da eine neue Schwierigkeit dadurch entsteht, daſs jedes, auch nicht die Wand berührende Theilchen von dem benachbarten, langsamer flieſsenden aufgehalten wird. Eben jene Schwierigkeit, die aus den Abweichungen vom Gesetze der Stetigkeit hervorgeht, fin-

---

1 Mechanik und Hydraulik. S. 140.

2 Dupin bezieht sich auf Poncelet's Abh. im Bulletin de la Société d'encouragement etc. ohne den genauen Ort anzugeben. Dupin Geom. und Mechan. d. Künste und Handw. III. 233.

3 Die hierher gehörigen Versuche werden im Art. *Strom* erwähnt werden.

det ſich auch bei dem Stoſse flüſsiger Körper gegen feſte, und bei dem Widerſtande, den feſte Körper bei ihrer Fortbewegung in flüſsigen leiden. Bis jetzt wenigſtens iſt unſere Theorie noch nicht im Stande, die Wege der einzelnen Waſsertheilchen, deren regelmäſsiger Fortgang durch den feſten Körper unterbrochen wird, zu beſtimmen, und wir müſsen uns daher begnügen, den Stoſs ſo zu berechnen, als ob dem flüſsigen Theilchen, bei einer der Richtung ſeiner Bewegung ſenkrecht entgegengeſtellten Ebene, alle Bewegung geraubt würde, bei einer Ebene, welche dieſer Bewegung geneigt entgegengeſtellt iſt, wird der bei der Zerlegung ſenkrecht gegen die Ebene gerichtete Theil der Bewegung, als völlig zerſtört, angeſehen. Da indeſs dieſe Gegenſtände einer Entwickelung, abgeſondert von den allgemeinen Principien der Hydrodynamik empfänglich ſind, ſo verweiſe ich auf die Artikel: *Stoſs flüſsiger Körper an feſte*, und *Widerſtand*.

Die Oſcillationen des Waſsers in verbundenen Röhren, wo es in der einen ſinkt, wenn es in der andern ſteigt, ſind mehr zu einer theoretiſchen Darſtellung geeignet, und werden nachher vorkommen. Iſt aber dieſe Oſcillation mit einem Durchgange durch enge Oeffnungen oder engere Röhrentheile verbunden, oder wird die Bewegung ſogar zuweilen plötzlich gehemmt, oder genöthigt, eine andere Richtung anzunehmen, ſo wie es beim Stoſsheber[1] der Fall iſt, ſo fällt wieder die Möglichkeit einer ſtrengen Theorie weg.

Endlich muſs ich noch die Rückwirkung, welche aus der Bewegung des ausflieſsenden Waſsers entſteht, erwähnen. Flieſst das Waſser durch eine Seiten-Oeffnung des Gefäſses aus, ſo iſt der Druck auf die der Oeffnung gegenüberſtehenden Wand nicht durch einen Gegendruck ausgeglichen und das Gefäſs erhält ein Beſtreben, nach der Richtung, welche der Ausfluſsbewegung entgegen geſetzt iſt, fort zu gehen. Es ſey nämlich ABCD ein Gefäſs, dem ich hier verticale, parallele Wände Fig.
zueignen will. In e ſey eine, für jetzt noch mit einem Deckel 126.
geſchloſsene Oeffnung, ſo iſt der horizontale Druck auf das ganze Gefäſs $=0$, und namentlich wird der Druck auf e durch den genau eben ſo ſtarken Druck auf das gegenüberſtehende Wandſtück f aufgehoben. Wird aber dann e geöffnet, ſo dauert

1 S. Art. *Stoſsheber*.

der Druck in f fort, während er in e nicht mehr statt findet, und das Gefäſs leidet also nach der Richtung fg einen Druck, der es zum Ausweichen oder zur Fortbewegung bringen kann, wenn es leicht genug aufgehängt ist, um diesem Drucke Folge zu leisten. Man pflegt, um diese Rückwirkung zu zeigen, das Gefäſs an einem horizontalen Arme so zu befestigen, daſs dieser eine gegen fe senkrechte Richtung hat; ist dann dieser Arm mit seinem andern Ende an einer sehr leicht drehbaren verticalen Axe befestiget, so wird das Gefäſs, während das Wasser bei e ausflieſst, sich um diese Axe drehen. Auf diese Rückwirkung ist die Anordnung des *Segner'schen Wasserrades* und der *Barker'schen Mühle* gegründet[1]. Der Druck, welcher hier, der Oeffnung gegenüber, nicht compensirt wird, ist die bewegende Kraft, deren Wirkung sich den allgemeinen Gesetzen der Drehungsbewegung gemäſs bestimmen läſst.

Auf eben dieser Rückwirkung beruht das Zurückprallen der Kanonen beim Abfeuern. Selbst ohne eingeladene Kugel findet dieses statt, weil der mit Gewalt hervordringende Strom elastischer Flüssigkeiten einen eben solchen Druck auf die übrigen Wände, wie das Wasser, während des Ausströmens, ausübt. Nach Hutton's Versuchen nimmt der Rückstoſs (recul) in stärkerm Maſse als die Pulverladung zu, wenn keine Kugel eingeladen ist, so daſs unter sonst gleichen Umständen bei 2 Unzen Ladung der Rückstoſs $2\frac{1}{2}$ Zoll, bei 16 Unzen Ladung 28 Zoll betrug. Ist die Kanone mit einer Kugel geladen, so kommt zu dieser Rückwirkung noch diejenige, welche der Masse der Kugel proportional ist; wird eine Kugel von 1 Pfunde mit der Geschwindigkeit $= c$ fortgestoſsen, so weicht die m Pfunde schwere Kanone mit einer Geschwindigkeit $= \frac{1}{m} c$ zurück, die sich mit jener Geschwindigkeit des Rückstoſses vereinigt. Daſs der Rückstoſs gröſser ist, wenn man, bei gleicher Ladung, sich längerer Kanonen bedient, hängt offenbar davon ab, daſs der ganze Rückstoſs so lange dauert, bis die elastischen Flüssigkeiten sich aus der Mündung hinaus ergossen haben, und daſs bei der, mit gröſserer Länge der Kanonen verbundenen längern Dauer der Wirkung auch der gesammte Rückstoſs zunimmt[2].

---

1 S. *Wasserrad*, *Segner's*.

2 Hutton's exper. d'artillerie, p. 133. der franz. Uebers. v. Villantroys.

Die Bewegung der Raketen, vielleicht auch die Bewegung der meteoriſchen Feuerkugeln, hängt eben hiervon ab.

2. Entwickelung der Grundformeln der Hydrodynamik, und Anwendung derſelben.

Es ſey für irgend ein Theilchen des Flüſſigen die Lage durch Coordinaten x; y; z; gegeben, auf dieſes wirken beſchleunigende Kräfte X; Y; Z; mit den Richtungen dieſer Coordinaten parallel, und dieſe Kräfte nehme man, als Functionen des Orts, als gegeben an. Am Ende der Zeit = t ſey die Geſchwindigkeit des Theilchens ſo, daſs die Zerlegung nach jenen Hauptrichtungen u; v; w; als die drei den Coordinaten parallelen Geſchwindigkeiten giebt. Dieſe Geſchwindigkeiten ſind Functionen der vier Gröſsen x; y; z; t; weil in demſelben Augenblicke die Geſchwindigkeiten in verſchiedenen Puncten ſehr ungleich ſeyn können, und weil ſie in einem beſtimmten Puncte des Raums im Fortgange der Zeit Aenderungen erleiden können.

Faſſen wir nun ein beſtimmtes Waſſertheilchen ins Auge, deſſen Lage durch x; y; z; am Ende der Zeit = t beſtimmt wurde, ſo ſind am Ende der Zeit = t + dt die Coordinaten dieſes Theilchens offenbar = x + udt; y + vdt; z + wdt; um alſo die vollſtändigen Werthe der Aenderung der Geſchwindigkeiten für ein und daſſelbe Theilchen zu haben, muſs man in den allgemeinen Werth

$$du = \left(\frac{du}{dx}\right) dx + \left(\frac{du}{dy}\right) dy + \left(\frac{du}{dz}\right) dz + \left(\frac{du}{dt}\right) dt$$

ſetzen

$$du = \left(\frac{du}{dx}\right) udt + \left(\frac{du}{dy}\right) vdt + \left(\frac{du}{dz}\right) wdt + \left(\frac{du}{dt}\right) dt,$$

und eben ſo iſt

$$dv = \left(\frac{dv}{dx}\right) udt + \left(\frac{dv}{dy}\right) vdt + \left(\frac{dv}{dz}\right) wdt + \left(\frac{dv}{dt}\right) dt;$$

$$dw = \left(\frac{dw}{dx}\right) udt + \left(\frac{dw}{dy}\right) vdt + \left(\frac{dw}{dz}\right) wdt + \left(\frac{dw}{dt}\right) dt.$$

Dem Wassertheilchen legen wir die Form eines Parallelepipedi bei, so daſs, wenn D seine Dichtigkeit bedeutet, seine Masse $= D \cdot dx\, dy\, dz$ ist. Den Druck, den dieses Theilchen leidet, bezeichnen wir mit p und verstehen darunter den Druck auf eine Oberfläche, deren Gröſse $= 1$ ist, so daſs der vollständige Ausdruck für den auf die Fläche $= f$ wirkenden Druck $p \cdot f^2$ ist. Dieser Druck ist eine bewegende Kraft, und er giebt daher, mit der Masse des Theilchens, worauf er wirkt, dividirt, einen Beitrag zu der auf das Theilchen wirkenden beschleunigenden Kraft. Hier, wo wir doch fast nur auf die Wirkungen der Schwere Anwendungen machen können, wird es am Besten seyn, die Schwerkraft als Einheit der beschleunigenden Kräfte anzusehen, und da diese in der Zeit $= dt$ die Geschwindigkeit $= 2g\,dt$ hervorbringt, durch $2gX\,dt$ die Geschwindigkeit anzuzeigen, welche die Kraft X in der Zeit dt bewirkt.

Es ist nun leicht zu übersehen, daſs in dem Puncte, welcher durch x, y, z, bestimmt ist, der Druck $= p$, in dem durch $x + dx, y, z$, bestimmten Puncte $= p + \left(\frac{dp}{dx}\right) dx$ ist, und daſs daher die nach der Richtung x wirkende Pressung auf die Seitenfläche $dy \cdot dz$ durch $p\,dy\,dz$ nach der einen Richtung, durch $p\,dy\,dz + \left(\frac{dp}{dx}\right) dx\,dy\,dz$ nach der entgegengesetzten Richtung angegeben wird. So ist also die nach der Richtung der x wirkende gesammte beschleunigende Kraft $= X - \left(\frac{dp}{dx}\right) \cdot \frac{1}{D}$, und da sie die Aenderung $= du$ der Geschwindigkeit u hervorbringt, so ist $2gX - 2g\left(\frac{dp}{dx}\right)\frac{1}{D} = \frac{du}{dt}$. Eben die Betrachtungen gelten für die zwei übrigen Coordinaten, so daſs sich folgende drei Gleichungen ergeben.

$$2g\left(\frac{dp}{dx}\right) = D\left\{2gX - \left(\frac{du}{dt}\right) - u\left(\frac{du}{dx}\right) - v\left(\frac{du}{dy}\right) - w\left(\frac{du}{dz}\right)\right\};$$

$$2g\left(\frac{dp}{dy}\right) = D\left\{2gY - \left(\frac{dv}{dt}\right) - u\left(\frac{dv}{dx}\right) - v\left(\frac{dv}{dy}\right) - w\left(\frac{dv}{dz}\right)\right\};$$

$$2g\left(\frac{dp}{dx}\right)=D\left\{2gZ-\left(\frac{dw}{dt}\right)-u\left(\frac{dw}{dx}\right)-v\left(\frac{dw}{dy}\right)-w\left(\frac{dw}{dz}\right)\right\}.$$

Wenn D eine überall und zu aller Zeit gleiche Gröſse ist, sind hier nur vier Gröſsen, u; v; w; p; als Functionen n x; y; z; t; zu bestimmen; denn die an jedem Puncte wirk- nen beschleunigenden Kräfte sind entweder gegebene Func- nen des Ortes, oder können allenfalls auch Functionen der schwindigkeit, also durch u; v; w; ausgedrückt seyn, müs- ı aber gegeben seyn, wenn überhaupt eine Bestimmung der wegung statt finden soll. Um diese vier Gröſsen zu bestim- n, sind jene drei Gleichungen, die sich übrigens in *eine*, ih- ı gleichgeltende, zusammenfassen lassen, gegeben, und man let noch eine vierte, die ich sogleich entwickeln will, und rch welche die Bestimmungen in hinreichender Zahl darge- en werden. Da hier bloſs von flüssigen Körpern die Rede , deren Dichtigkeit sich nicht ändert, so muſs jedes Theil- n, dessen Volumen am Ende der Zeit $=t$ durch $dx.dy.$ ausgedrückt war, auch nach Verlauf der Zeit $t+dt$ noch n so groſs an Volumen gefunden werden. Da nun des Punc- , der durch x; y; z; bestimmt ist, Geschwindigkeit mit x allel $=u$ heiſst, so wird des durch $x+dx$; y; z; be- nmten Punctes Geschwindigkeit nach eben der Richtung $u+\left(\frac{du}{dx}\right)dx$ seyn. Die Dimension $=dx$ des bewegten Theil- ns geht also in der Zeit $=dt$ in $dx+\left(\frac{du}{dx}\right)dx.dt$ über, und da e ähnliche Bestimmung für die beiden übrigen Dimensionen t findet, so ist das Volumen dieses Theilchens in der Zeit $=dt$ in

$$.dy.dz\left(1+\left(\frac{du}{dx}\right)dt\right)\left(1+\left(\frac{dv}{dy}\right)dt\right)\left(1+\left(\frac{dw}{dz}\right)dt\right)$$

rgegangen, das ist, da nur vom ersten Gliede der Aende- g die Rede seyn kann, in

$$.dy.dz\left(1+\left(\frac{du}{dx}\right)dt+\left(\frac{dv}{dy}\right)dt+\left(\frac{dw}{dz}\right)dt\right)$$ woraus wegen

Unveränderlichkeit des Volumens $\left(\frac{du}{dx}\right)+\left(\frac{dv}{dy}\right)+\left(\frac{dw}{dz}\right)$ 0 folgt, und dieses ist jene vierte Gleichung.

Wenn man die drei Gleichungen für die partiellen Differentiale von p in eine Summe bringt, so besteht der Werth von dp, welcher dann so gefunden ist, daſs auf die Veränderlichkeit von t nicht Rücksicht genommen wird, aus zwei Classen von Gliedern, erstlich kommt D(X dx + Y dy + Z dz) vor, und dieser Theil ist in den meisten Fällen für sich integrabel; er ist es wenigstens dann, wenn die beschleunigenden Kräfte bloſs von Attractionen gegen bestimmte Mittelpuncte, die durch Functionen der Entfernungen ausgedrückt werden, abhängen; und da unsere Methoden noch viel zu unvollkommen sind, um die Fälle, wo auf einen von der Geschwindigkeit abhängigen Widerstand Rücksicht genommen werden sollte, allgemein aufzulösen, so können wir dabei stehen bleiben, jenen ersten Theil als für sich integrabel anzusehen. Daſs dann auch der zweite Theil für sich integrabel seyn muſs, ist bekannt, und unsere theoretische Hydrodynamik würde schon sehr bedeutende Fortschritte gemacht haben, wenn wir nur die unter diese Voraussetzung gehörenden Fälle allgemein behandeln könnten.

Zu diesen, von mehreren Mathematikern auf verschiedenen Wegen abgeleiteten Formeln fügt Cauchy[1] noch folgende, die sich auf sehr geringe Bewegungen beziehen, hinzu. Sieht man nämlich u; v; w; und die Differentialquotienten derselben als unendlich kleine Gröſsen der ersten Ordnung an, so kann man alle Glieder von der Form $u\left(\frac{du}{dx}\right)$ weglassen und

$$\left(\frac{dp}{dx}\right)=D\left\{X-\frac{1}{2g}\left(\frac{du}{dt}\right)\right\};$$
$$\left(\frac{dp}{dy}\right)=D\left\{Y-\frac{1}{2g}\left(\frac{dv}{dt}\right)\right\};$$
$$\left(\frac{dp}{dz}\right)=D\left\{Z-\frac{1}{2g}\left(\frac{dw}{dt}\right)\right\}$$

setzen, woraus in diesem Falle wegen

$$\left(\frac{du}{dx}\right)+\left(\frac{dv}{dy}\right)+\left(\frac{dw}{dz}\right)=0$$

folgt

$$\left(\frac{d^2p}{dx^2}\right)+\left(\frac{d^2p}{dy^2}\right)+\left(\frac{d^2p}{dz^2}\right)=D\left\{\left(\frac{dX}{dx}\right)+\left(\frac{dY}{dy}\right)+\left(\frac{dZ}{dz}\right)\right\}$$

und da für das Gleichgewicht der Druck = P durch

---

1 Exercices de Mathematiques 29me Livrais. p. 136.

$$dP = D\,(X\,dx + Y\,dy + Z\,dz)$$

geben wurde, so ist bei so geringer Störung des Gleichge-
ichts auch

$$\left(\frac{d^2(p-P)}{dx^2}\right) + \left(\frac{d^2(p-P)}{dy^2}\right) + \left(\frac{d^2(p-P)}{dz^2}\right) = 0.$$

ieses kann indeſs nur bei höchst geringen Störungen des Gleich-
wichts gelten.

Nach Cauchy könnte es zum Beispiel für sehr kleine Wellen-
scillationen noch angewandt werden, aber selbst da scheint es,
die wirklichen Wellen nicht unendlich klein sind, nur unge-
igende Anwendungen zu geben. Angewandt auf elastische
luida, wo die Formeln etwas anders ausfielen, würde man
nliche abgekürzte Formeln für die Fortpflanzung des Schalles
brauchen können.

Um die Anwendung dieser allgemeinen Formeln zu erleich-
n, soll man, nach Euler's Bemerkung, sie zuerst auf die linea
che, dann auf die ebene Bewegung flüssiger Körper beziehen,
d sodann erst zu der allgemeinen Betrachtung zurückkehren.
ter *linearischer* Bewegung muſs man nämlich die verstehen,
alle Theilchen des Querschnitts eines Gefäſses ganz dieselbe
wegung haben, und also die Geschwindigkeit bloſs eine
nction der Länge der Axe des Gefäſses ist. In ziemlich en-
n Röhren können wir annehmen, daſs die Bewegung in die-
m Sinne linearisch sey, weil die kleinen Seitenbewegungen,
lche allerdings bei jeder Verengerung oder Erweiterung der
hre statt finden müssen, als unbedeutend bei Seite gesetzt
rden können. Eine *ebene* Bewegung würde man die nennen,
, wie in Canälen, die Bewegung zwar in jedem Puncte des
ngendurchschnittes verschieden seyn mag, aber alle Theil-
en, die in derselben Senkrechten gegen diesen Längenschnitt
gen, genau gleiche Bewegung haben. Ich will von beiden
wendungen einige Beispiele geben, und dabei bloſs auf die
hwere, die ich als nach der Richtung der negativen z wirkend
sehe, Rücksicht nehmen. Dann ist $X = Y = 0$, $Z = -1$.

nwendung auf die linearische Bewegung.

Da wir hier die Bewegung als in einer Röhre von nicht zu
oſser Weite statt findend annehmen, so denken wir uns eine
ntrallinie, eine die Schwerpuncte aller Querschnitte verbin-

dende Linie, und nehmen an, daſs in einem bestimmten Augenblicke die Geschwindigkeit nur von dem Orte, den jedes Theilchen in Beziehung auf diese Längendimension einnimmt, abhänge. Von einem Augenblicke zum andern kann die in demselben Puncte statt findende Geschwindigkeit veränderlich seyn.

Da die Betrachtung ihren wesentlichen Resultaten noch dieselbe bleibt, die Bewegung mag in einer doppelt gekrümmten Röhre statt finden, oder in einer solchen, die in einer Ebene liegt, so theile ich hier nur die einfachere Betrachtung mit, wo die Centrallinie eine ebene Curve ist und sich ganz in der Ebene der x, z befindet. Dann kommen v, y, gar nicht vor.

Fig. 127. Es sey ZVvz ein Theilchen des Flüssigen, AX = x; XY = z; VZ = σ = dem Querschnitte der Röhre. Nennt man nun den Bogen Yy der Centrallinie = ds, die Geschwindigkeit nach der Richtung der Röhre = V, so ist $u = V.\frac{dx}{ds}$; $w = V\frac{dz}{ds}$, und wenn man D = 1 setzt, des Theilchens Masse = $\sigma.ds$. Ist nun dieses Theilchen in der Zeit = dt nach Z'V'v'z' gerückt, so ist $Z'V' = \sigma + u\,dt.\frac{d\sigma}{dx}$ und

$$Y'y' = \sqrt{\left\{dx^2\left(1+\left(\frac{du}{dx}\right)dt\right)^2 + dz^2\left(1+\left(\frac{dw}{dz}\right)dt\right)^2\right\}}$$

$$= \sqrt{\left\{dx^2 + dz^2 + 2dt\left(\left(\frac{du}{dx}\right)dx^2 + \left(\frac{dw}{dz}\right)dz^2\right)\right\}}$$

$$= ds + \frac{dt}{ds}dx^2\left(\frac{du}{dx}\right) + \frac{dt}{ds}dz^2\left(\frac{dw}{dz}\right).$$

Aber da hier, wegen der bekannten Gestalt der Centrallinie, z eine gegebene Function von x ist, so hat man z = f:x, und $\left(\frac{dw}{dz}\right) = \left(\frac{dw}{d.f:x}\right) = \left(\frac{dw}{dx}\right).\frac{1}{f':x} = \left(\frac{dw}{dx}\right)\frac{dx}{dz}$; (wo nämlich $d.f:x = dx.f':x$ gesetzt wird) also $Y'y' = ds + \frac{dt}{ds}\left(dx^2\left(\frac{du}{dx}\right) + dz\,dx\left(\frac{dw}{dx}\right)\right)$ der Inhalt des Theilchens Z'V'v'z'

$$= \sigma ds + dt\left\{u\,ds.\frac{d\sigma}{dx} + \frac{\sigma dx}{ds}\left[dx\left(\frac{du}{dx}\right) + dz\left(\frac{dw}{dx}\right)\right]\right\}$$

Da keine Aenderung des Inhalts dieses Theilchens statt findet, so müssen die letzten Glieder zusammen = 0 seyn, und d

$V \cdot \frac{dx}{ds}$ folgt $\left(\frac{du}{dx}\right) dx = \left(\frac{dV}{dx}\right) \frac{dx^2}{ds}$, weil offenbar

$= (V + dV) \frac{dx}{ds}$ iſt, ſo hat man wegen

$= \left(\frac{dV}{dx}\right) \cdot \frac{dz}{ds}$, jene letzten Glieder

$$= dt \left\{ u\,ds \frac{d\sigma}{dx} + \frac{\sigma\,dx}{ds}\left[\frac{dx^2}{ds} + \frac{dz^2}{ds}\right]\left(\frac{dV}{dx}\right)\right\}$$

$$= dt \left\{ V . d\sigma + \sigma . dx \left(\frac{dV}{dx}\right)\right\}$$

Gleichung $V d\sigma + \sigma . dx \left(\frac{dV}{dx}\right) = 0$ nimmt hier
le derjenigen ein, die vorhin die vierte war. Da
$) = V \cdot \frac{d\sigma}{dx} + \sigma \left(\frac{dV}{dx}\right)$, ſo iſt ſie mit $\left(\frac{d . V\sigma}{dx}\right) = 0$ ei-
und $V\sigma = f : t$ iſt ihr allgemeines Integral. $V\sigma$ bezeich-
durch irgend einen Querſchnitt in der Zeiteinheit durch-
le Waſſermenge, und offenbar iſt dieſe in einem gege-
Augenblicke in allen Puncten der Röhre gleich, oder in
ern Theilen der Röhre muſs die Geſchwindigkeit in eben
erhältniſſe gröſser ſeyn, als dieſer Querſchnitt ſelbſt
iſt; von einem Augenblicke zum andern kann aber die-
h jeden Querſchnitt lauſende Waſſermenge veränderlich,
ınction von t ſeyn.

ezeichnet σ' einen *beſtimmten* Querſchnitt der Röhre und
dort ſtattſindende Geſchwindigkeit, ſo iſt $V = \frac{V'\sigma'}{\sigma}$
hängt einzig von t ab.

ie Gleichungen für p kommen jetzt, da $X = Y = 0$,
, $v = 0$ iſt, auf folgende zurück,

$$\left(\frac{dp}{dx}\right) = -\left(\frac{du}{dt}\right) - u\left(\frac{du}{dx}\right) - w\left(\frac{du}{dz}\right),$$

$$\left(\frac{dp}{dz}\right) = -2g - \left(\frac{dw}{dt}\right) - u\left(\frac{dw}{dx}\right) - w\left(\frac{dw}{dz}\right).$$

$$\left(\frac{du}{dz}\right) = \left(\frac{dV}{dt}\right) \cdot \frac{dx}{ds}; \left(\frac{dw}{dt}\right) = \left(\frac{dV}{dt}\right) \cdot \frac{dz}{ds},$$

$$\left(\frac{du}{dx}\right) dx + u\left(\frac{dw}{dx}\right) dz = u\left(\frac{dV}{dx}\right) ds = V dx \left(\frac{dV}{dx}\right),$$

$$w\left(\frac{du}{dz}\right)dx + w\left(\frac{dw}{dz}\right)dz = w\left(\frac{dV}{dz}\right)ds = V\,dz\left(\frac{dV}{dz}\right),$$

also $2g\left(\frac{dp}{dx}\right)dx + 2g\left(\frac{dp}{dz}\right)dz$

$$= 2g\,dp = -2g\,dz - \left(\frac{dV}{dz}\right)ds - V\,dV,$$

weil man in dieser Gleichung, die ohnehin sich nur auf ein constantes t bezieht, dV statt $\left(\frac{dV}{dx}\right)dx + \left(\frac{dV}{dt}\right)dz$, setzen darf.

Dieses ist die zweite Gleichung, die zur Bestimmung der beiden Gröſsen V und p nöthig ist. Aus $V = \frac{\sigma' V'}{\sigma}$ folgt auch

$\left(\frac{dV}{dt}\right) = \frac{\sigma'}{\sigma}\frac{dV'}{dt}$ und

$$2g\,dp = -2g\,dz - \frac{\sigma'}{\sigma}\,ds\,\frac{dV'}{dt} + \frac{V'^2.\sigma'^2\,d\sigma}{\sigma^3},$$

$2gp = F:t - 2gz - \frac{\sigma'.dV'}{dt}\int\frac{ds}{\sigma} - \frac{\sigma'^2 V'^2}{2\sigma^2}$ weil V' gar nicht von x oder s abhängt.

Obgleich diese Gleichungen nur auf sehr enge Röhren sollten angewandt werden, indem bei erheblicher Weite und Ungleichheit der Querschnitte es gewiſs nicht statt findet, daſs die Geschwindigkeit senkrecht auf die Axe als $= 0$ könnte angesehen werden, so erlaubt man sich dennoch, in Ermangelung einer vollendetern Theorie, die Anwendung auf Gefäſse, die sich durch eine enge Oeffnung ausleeren, und diese Anwendung ergiebt folgendes.

Fig. 128. Es sey BCFG ein verticales Gefäſs, welches bis an BG mit Wasser gefüllt ist; bei A sey die Ausfluſsöffnung $= \sigma'$, und von CF oder A an werde die Höhe $= z$ hinaufwärts gerechnet, dann ist $ds = -dz$ und

$$2gp = F:t - 2gz + \frac{\sigma'.dV'}{dt}\int\frac{dz}{\sigma} - \frac{\sigma'^2 V'^2}{2\sigma^2};$$

und $\int\frac{dz}{\sigma}$ müſste aus der Gestalt des Gefäſses bestimmt werden. Ist an der Oberfläche, wo $p = k =$ dem Drucke der Atmosphäre, zugleich $z = z'$, und dieses Integral $= S^0$, ferner an der

Mündung, wo p wieder = k; z = 0 ist, dieses Inte-
S′, so erhält man die zwei Werthe

$$k = F:t - 2gz' + \frac{\sigma'.dV'}{dt}.S^0 - \frac{\sigma'^2V'^2}{2\sigma^{02}},$$

$$\text{und } 2gk = F:t + \frac{\sigma'dV'}{dt}.S' - \tfrac{1}{2}V'^2,$$

ıit $z' = z$, $\sigma^0 = \sigma$ zusammengehört. Diese Gleichun-
ɜben

$$4gz' = \frac{2\sigma'.dV'}{dt}(S^0 - S') + V'^2\left(\frac{\sigma^{02}-\sigma'^2}{\sigma^{02}}\right).$$

das Gefäſs ein Cylinder, dessen sämmtliche Querschnitte
ıd, so ist, wenn man $\int \frac{dz'}{\sigma}$ von z = 0 an rechnet,

⊦ $\frac{z'}{\sigma}$ und S′ = 0. Setze ich dann zugleich $\sigma = m.\sigma'$,

$$\text{łg}z' = + \frac{2z'}{m}.\frac{dV'}{dt} + V^2\left(\frac{m^2-1}{m^2}\right).$$

m dt wegzuschaffen haben, wir hier offenbar $-\sigma dz' =$
t, da durch den Querschnitt σ die Quantität σdz′ in die
t flieſst, also $\frac{1}{dt} = -\frac{1}{m}.\frac{V'}{dz'}$ ist, und

$$4gz' = -\frac{2z'}{m^2}\frac{V'dV'}{dz'} + V'^2\left(\frac{m^2-1}{m^2}\right),$$

$$\text{łg}m^2z'dz' = -2z'.V'dV' + V'^2(m^2-1)dz'$$

ıe Gleichung mit $z'^{(-m^2)}$ multiplicirt, giebt

$$4gm^2.z'^{(1-m^2)}dz' = -d.(V'^2.z'^{(1-m^2)}),$$

$$\frac{4g.m^2}{2-m^2}\left\{z'^{(2-m^2)} - z^{0(2-m^2)}\right\} = -V'^2.z'^{(1-m^2)}$$

ı $z' = z^0$ war im Anfange der Bewegung oder für V′ = 0.

Schon die Differentialgleichung zeigt, wenn man in ihr
= 0 setzt, daſs V′ einen gröſsten Werth erhält, wenn
$= \frac{m^2}{m^2-1}.4gz'$ ist, und auch die Natur der Sache läſst
sehen, daſs die mit V′ = 0 anfangende Bewegung ein Ma-

ximum der Schnelligkeit erreichen muſs, weil für $z'=0$, das heiſst bei fast völliger Ausleerung des Gefäſses, die Geschwindigkeit gewiſs wieder sehr geringe wird. Vergleicht man diesen Werth der gröſsesten Geschwindigkeit mit dem allgemeinen Werthe von V' so muſs

$$\frac{4gz'.m^2}{m^2-1} = \frac{4gz'.m^2}{m^2-2}\left\{1-\left(\frac{z^0}{z'}\right)^{2-m^2}\right\},$$

$$\text{oder } \frac{1}{m^2-1} = \left(\frac{z^0}{z'}\right)^{2-m^2} = \left(\frac{z'}{z^0}\right)^{m^2-2}$$

$$\text{oder } z' = z^0.\left(\frac{1}{m^2-1}\right)^{\frac{1}{m^2-2}} \text{ seyn.}$$

Da unsere Experimente immer nur auf Fälle gehen, wo m erheblich groſs ist, so sey zum Beispiel $m=50$, $m^2=2500$

$$\log.\frac{z'}{z^0} = \frac{-\log.2499}{2498} = -\frac{3{,}397766}{2498}$$
$$= -0{,}001320$$
$$= 0{,}998680-1$$

also $z' = 0{,}997.\,z^0$.

Die Formel zeigt also, daſs gleich nach dem Anfange der Bewegung die Geschwindigkeit ihren gröſsten Werth erreicht, der durch $V'^2 = \frac{m^2}{m^2-1}.4gz'$ ausgedrückt wird. Die in jedem Augenblicke erlangte Geschwindigkeit wurde allgemein durch

$$V'^2 = \frac{m^2}{m^2-2}.4gz'\left(1-\left(\frac{z^0}{z'}\right)^{2-m^2}\right)$$
$$= \frac{m^2}{m^2-2}.4gz'\left(1-\left(\frac{z'}{z^0}\right)^{m^2-2}\right)$$

angegeben, und da der Exponent m^2-2 immer eine sehr hohe Potenz andeutet, so ist dieser Werth, sobald z' auch nur wenig kleiner als z^0 ist, sehr wenig von $4gz'$ verschieden, und die durch die Erfahrung bestätigte Regel trifft also nahe genug mit dieser nicht ganz strengen theoretischen Bestimmung zusammen. Zum Beispiel wenn auch die Oeffnung so bedeutend wäre, daſs m^2-2 nur 500 betrüge, was ungefähr mit $\sigma = 23.\,\sigma'$ zusammenstimmen würde, und $z' = 0{,}99.z^0$, so hätte man $V'^2 = \frac{502}{500}.4gz'.(1-0{,}00657)$

$$= 4g.z'.0{,}9974, \text{ statt } 4gz',$$

und bei gröſsern Werthen von m wird die Abweichung noch unmerklicher.

Man könnte diese Formel noch etwas verbessern, wenn man die im Gefäſse nahe am Boden eintretende Aenderung im Querschnitte der *bewegten* Wassermasse in Rechnung brächte und deshalb S^o etwas gröſser als $\frac{z'}{\sigma}$ setzte; aber dann müſste man die Form der wirklich bewegten Wassermasse BDAEG kennen. Fig. 128.

Um diese kennen zu lernen, hat der jüngere Riccati folgende Schlüsse angewandt[1]. Gewiſs bildet die Natur diesen Strudel (gorgo) so, daſs die gröſste mögliche Geschwindigkeit erlangt wird, das aber geschieht, wenn $\int \frac{dz}{\sigma}$ für die ganze Ausdehnung des Strudels ein Kleinstes wird, und es scheint also nur der Variationsrechnung zu bedürfen, um σ als Function von z anzugeben. Riccati bringt, da die Auflösung noch eine andere Bedingung bedarf, die neue Bedinguug in die Rechnung, daſs $\frac{dz}{\sigma}$ ein Kleinstes seyn soll, und findet dann ein parabolisches Konoid als den Strudel begrenzend; diese neue Bedingung scheint hier aber nicht passend, und Riccati gesteht selbst, daſs jene Parabel nicht den gröſsten Werth der Geschwindigkeit giebt. Obgleich er also seines Bruders Ansicht, daſs aus Mangel an gegebener Gröſse die Form des Strudels unbestimmt bleibe, verwirft, so scheint mir doch, daſs er genöthigt wäre, ihr beizustimmen, wenn er nicht noch irgend ein anderes Princip einzuführen im Stande war, das jenem Mangel ersetzte.

Man könnte hier noch Untersuchungen über die Bewegung des Wassers, wenn es Widerstand leidet, oder über die Bewegung solcher, nur halbflüssiger Körper, wie es das Oel ist, fordern, aber diese würden noch mehr Schwierigkeit haben[2].

---

1 Memorie della soc. Italiana. III. 238.

2 Wiefern die Schwierigkeiten in Beziehung auf den Widerstand der Röhrenwände sich überwinden lassen, habe ich in den Zusätzen zu Euler's Gesetzen des Gleichgewichts und der Bewegung flüssiger Körper. S. 369. gezeigt.

Dagegen verdient ein anderer Fall der Bewegung des Wassers in Röhren hier noch eine nähere Betrachtung. Wenn das Wasser sich in einer heberförmigen Röhre befindet, und hier aus dem Gleichgewichte gebracht ist, so oscillirt es hin und her, und die Gesetze dieser Oscillationen lassen sich aus unsern Formeln genau bestimmen. Es sey zuerst die Röhre überall gleich weit, also σ unveränderlich. Die
Fig. 129. Röhre bestehe aus zwei geraden Schenkeln CF und DG, die unter den Winkeln α' und α'' gegen den Horizont geneigt sind; AB sey die Horizontallinie, in welcher das Wasser beim Gleichgewichte steht, von A an werde sowohl s als $z = s \operatorname{Sin.} \alpha'$ gerechnet, die ganze Länge AEB der Wassesmasse sey $= l$. In dem Augenblicke, wo das eine Ende der Wassermasse um $S = s'$ hinaufwärts fortgerückt ist, beträgt die Senkung des andern eben so viel und für das erste ist $s = - s'$; $z = s' \operatorname{Sin.} \alpha'$, für das zweite $s = l - s'$; $z = - s' \operatorname{Sin.} \alpha''$. Die beiden Gleichungen $V . \sigma = f : t$ und $2 g d p = 2 - g d z - \left(\frac{dV}{dt}\right) ds - V dV$ geben hier $V = f : t$ und $2 g p = F : t - 2 g z - s . f' : t$, weil V nicht von s abhängt, sondern in alle Querschnitte gleich ist, und $\frac{dV}{dt} = f' : t$ ist; also für beide Endpuncte, wo bloſs die Atmosphäre drückt, $p = k$ ist,

$$2 g k = F : t - 2 g s' \operatorname{Sin.} \alpha' + s' f' : t,$$

$$\text{und } 2 g k = F : t + 2 g s' \operatorname{Sin.} \alpha'' - (l - s') f' : t,$$

welche verbunden

$$2 g s' (\operatorname{Sin.} \alpha' + \operatorname{Sin.} \alpha'') - l f' : t = 0 \text{ geben.}$$

Da $V = f : t$, $\frac{dV}{dt} = f' : t$ und zugleich $V dt = - ds'$ ist, so geht die letzte Gleichung auch in $l V dV = - 2 g s' ds' (\operatorname{Sin.} \alpha' + \operatorname{Sin.} \alpha'')$ über und es ist $V^2 = \frac{2 g (s^{\circ 2} - s'^2)}{l} (\operatorname{Sin.} \alpha' + \operatorname{Sin.} \alpha'')$ wenn $s' = s^\circ$ wird für $V = 0$. Es folgt hieraus, daſs $V = 0$ ist, sowohl wenn die Oberfläche sich um den Abstand s° oberhalb als unterhalb von der Gleichgewichtsstellung entfernt hat, oder daſs die Oscillationen eben so tief unter die Gleichgewichtsstellung herab, als über sie hinauf gehen.

Um die Zeit einer Oscillation zu finden, muſs die Gleichung

$$dt = \frac{-ds'}{\sqrt{(s^{o2}-s'^2)}} \sqrt{\left\{\frac{1}{2g\,.\,(\text{Sin.}\,\alpha' + \text{Sin.}\,\alpha'')}\right\}}$$

integrirt werden, welche

$$t = -\sqrt{\left\{\frac{1}{2g\,(\text{Sin.}\,\alpha' + \text{Sin.}\,\alpha'')}\right\}}\ \text{Arc. Sin.}\frac{s'}{s^o},$$

giebt. Rechnet man alſo die Zeit von da an, wo das Waſser ſich in der Gleichgewichtsſtellung befindet, ſo iſt für eine halbe Oscillation oder bis $s' = s^o$ wird,

$$t = \tfrac{1}{2}\pi \sqrt{\left\{\frac{1}{2g\,(\text{Sin.}\,\alpha' + \text{Sin.}\,\alpha'')}\right\}}$$

Die Oscillationszeit iſt alſo eben ſo groſs als die eines Pendels, deſsen Länge $= \frac{1}{\text{Sin.}\,\alpha' + \text{Sin.}\,\alpha''}$ oder für $\alpha' = \alpha'' = 90°$ $= \frac{1}{2}l$ iſt, und die Oscillationen haben gleiche Dauer, die Waſsermaſse mag groſse oder kleine Schwankungen machen.

Den Druck will ich nur noch für den Fall, da $\alpha' = \alpha'' = 90°$ iſt, beſtimmen. In dem Falle iſt: $2gk = F : t - 2gs' - \frac{4gs'^2}{l}$ weil $dV = -\frac{s'ds'}{\sqrt{(s^{o2}-s'^2)}}\sqrt{\frac{4g}{l}} = \frac{s'Vdt}{\sqrt{(s^{o2}-s'^2)}}\sqrt{\frac{4g}{l}}$

$$\text{alſo } \frac{s'\,.\,dV}{dt} = \frac{4g}{l}\,.\,s'^2 \text{ iſt.}$$

$$\text{alſo allgemein } 2gp = 2g\,(k + s' - z) + \frac{4gs'}{l}\,(S' - s).$$

Der Druck in jedem Puncte iſt hiernach $= k + s' - z + \frac{2s'\,(s'-s)}{l}$ oder um ſo viel, als das letzte Glied angiebt, gröſser als er bei ruhender Oberfläche in gleicher Tiefe unter der Oberfläche ſeyn würde.

Die Betrachtung wird viel ſchwieriger, wenn die Röhre nicht überall gleich weit iſt, indeſs iſt es da bloſs eine Schwierigkeit in der Rechnung, die ſich der Auflöſung entgegenſtellt, und ich will deshalb hier dabei nicht verweilen. Aber einige hieher gehörige Fragen, die noch weit ſchwieriger ſind, muſs ich doch erwähnen. Es ſey ABC eine gebogene Röhre, Fig. 130. die ſich in zwei Röhren CD, CE theilt; wie wird das Waſser in dieſen Röhren oscilliren? Hier laſsen ſich zwar einige Fälle angeben, wie die Oscillationen ſtatt finden *können*, aber die allgemeine Beſtimmung, wie es ſich in allen Fällen verhalten

muſs, ist noch von niemand angegeben worden. Es ist nämlich einleuchtend, daſs ein möglicher Fall der ist, wo in zwei Röhren die Oberfläche in jedem Augenblicke, gleichmäſsig sinkend und steigend, gleich hoch ist, und dann würden sich die Oscillationen so ergeben, als ob diese beiden nur eine einzige Röhre ausmachten; aber nothwendig ist dieses offenbar nicht. Wäre nun sogar die beiden Röhren D; E; an verschiedenen ziemlich weit von einander entfernten Puncten der horizontalen Röhren Be angesetzt, so würde die Bestimmung noch schwieriger. Wir besitzen über diese Bewegung noch gar keine theoretischen Untersuchungen; Versuche über solche Oscillationen sind von den beiden Gebrüdern Weber angestellt worden. Diese Beobachter fanden, daſs ein Apparat, der 37 verticale Röhren auf eine horizontale Röhre in gleichen Abständen eingesetzt enthielt, eine in diesen Verticalröhren fortschreitende Wellenbewegung zeigte; die Welle schritt, nachdem man mit einem Hinaufsaugen oder Heben der Wasseroberfläche in der ersten Röhre angefangen hatte, von diesem Ende des Apparates nach dem andern Ende hin fort, und kehrte von da, wie Wellen zurückgeworfen werden, wieder zurück. Wurden nur drei aufgesetzte Röhren angebracht, die gleich weit von einander standen, und wurde durch Saugen das in den Röhren enthaltene Quecksilber in der ersten Röhre auf 2 Zoll, in der mittlern auf 1 Zoll gehoben, während es in der dritten auf 0 herabgesunken war, so sah man dennoch bei anfangender Oscillation auch in der mittlern Röhre das Quecksilber steigen, obgleich man allenfalls hätte erwarten können, daſs in der mittlern Röhre, die dem Gleichgewichtsstande entsprechende Höhe nicht würde geändert werden[1].

Diese hier zuletzt angeführten Untersuchungen gehören, wie man wohl übersieht, nicht mehr ganz in das Gebiet der linearischen Bewegung.

Anwendung auf die ebene Bewegung.

Da unter *ebener* Bewegung hier eine solche Bewegung verstanden wird, bei welcher die dritte Dimension, die Breite des

---

1 Weitere Bemerkungen über diese interessanten Versuche theilen die Verf. selbst mit, s. Wellenlehre von E. H. und W. Weber. S. 296. 300.

anals zum Beispiel, nicht in Betrachtung kommt, so will ich
ich auf den Fall, wenn wirklich die Bewegung ganz in einer ein-
gen Vertical-Ebene statt findet und bloſs die Schwere ein-
irkt, beschränken, obgleich auch statt einer solchen Bewe-
ing in einem geraden Canale die Bewegung zwischen gekrümm-
n verticalen Wänden hierher gehören würde. Die Voraus-
tzung, daſs einzig die Schwerkraft wirksam ist, nach der
ichtung der $-z$, und daſs nach der Richtung der y gar keine
ewegung statt findet, erlaubt uns $X = Y = 0$ und v und y
$= 0$ zu setzen.

Die allgemeinen Formeln werden also nun

$$\left(\frac{du}{dx}\right)+\left(\frac{dw}{dz}\right)=0;$$

$$2g\,dp = -2g\,dz - \left(\frac{du}{dt}\right)dx - \left(\frac{dw}{dt}\right)dz$$
$$- u\left(\frac{du}{dx}\right)dx - u\left(\frac{dw}{dx}\right)dz$$
$$- w\left(\frac{du}{dz}\right)dx - w\left(\frac{dw}{dz}\right)dz;$$

id aus den hierin enthaltenen Fällen hebe ich, so wie Euler
 thut, nur diejenigen heraus, bei welchen die Formel $u\,dx$
$+ w\,dz$ für sich integrabel ist. Dadurch nämlich erhält man
cht bloſs, wie es die obigen Formeln allgemein angeben,

$\left(\frac{dw}{dz}\right) = -\left(\frac{du}{dx}\right)$, sondern auch $\left(\frac{du}{dz}\right)=\left(\frac{dw}{dx}\right)$ und daher

$$2g\,(dp + dz) = -\left(\frac{du}{dt}\right)dx - \left(\frac{dw}{dt}\right)dz$$
$$- u\left(\frac{du}{dx}\right)dx - u\left(\frac{du}{dz}\right)dz$$
$$- w\left(\frac{dw}{dx}\right)dx - w\left(\frac{dw}{dz}\right)dz.$$

Nimmt man φ als die Function an, deren in Beziehung auf
und z genommenes Differential $= d\varphi = u\,dx + w\,dz$ ist,
 enthält dieses, wenn man auf die Veränderlichkeit von t Rück-
cht nimmt, noch ein Glied, das ich $= T\,dt$ setze, und be-
inntlich muſs $\left(\frac{du}{dt}\right) = \left(\frac{dT}{dx}\right)$; $\left(\frac{dw}{dt}\right) = \left(\frac{dT}{dz}\right)$ seyn, daher
eht unsere Gleichung in

$$2g\,(dp + dz) = -dT - udu - wdw$$

über und giebt integrirt:

$$2g\,(p + z) = \text{funct. } t - T - \tfrac{1}{2}u^2 - \tfrac{1}{2}w^2.$$

Daraus würde p vermittelst u und w bestimmt; um aber diese selbst zu finden, dienen die zwei Bedingungsgleichungen

$$\left(\frac{dw}{dz}\right) = -\left(\frac{du}{dx}\right)$$

$$\text{und } \left(\frac{dw}{dx}\right) = \left(\frac{du}{dz}\right).$$

$$\text{Da nämlich } du = \left(\frac{du}{dx}\right)dx + \left(\frac{du}{dz}\right)dz$$

$$\text{und } dw = \left(\frac{du}{dz}\right)dx - \left(\frac{du}{dx}\right)dz, \text{ ist,}$$

so hat man

$$du + dw.\sqrt{-1} = \left\{\left(\frac{du}{dx}\right) + \left(\frac{du}{dz}\right)\sqrt{-1}\right\}\left\{dx - dz\sqrt{-1}\right\}$$

$$du - dw.\sqrt{-1} = \left\{\left(\frac{du}{dx}\right) - \left(\frac{du}{dz}\right)\sqrt{-1}\right\}\left\{dx + dz\sqrt{-1}\right\}$$

Die Integralrechnung zeigt, daſs hieraus folgt

$$u + w.\sqrt{-1} = F:(x - z\sqrt{-1})$$
$$u - w.\sqrt{-1} = f:(x + z\sqrt{-1})$$

und daſs die Form dieser Functionen hier noch ganz unbestimmt bleibt. Wenn u und w auch von t abhängig oder im Fortgange der Zeit veränderlich sind, so ist diese Abhängigkeit hierdurch gar nicht bestimmt. In der Untersuchung über die Bewegung des Wassers in Canälen, würde indeſs schon viel gewonnen seyn, wenn man auch nur für den Beharrungsstand Formeln finden könnte, und ich will daher annehmen, es sey u und w nicht im Laufe der Zeit veränderlich. Dann würde sich die Form der Functionen aus der gegebenen Gestalt des Bodens oder des Gefäſses und aus der gegebenen Gestalt der Oberfläche bestimmen lassen.

Es sey zum Beispiel der Boden eine horizontale Ebene und für denselben $z = 0$, dann würde für $z = 0$ nothwendig $w = 0$, weil am Boden selbst die auf den Boden senkrechte Geschwindigkeit gewiſs zerstört ist. Die Subtraction jener beiden Formeln ergiebt

$$w = \frac{1}{2.\sqrt{-1}}\left\{F:(x - z\sqrt{-1}) - f:(x + z\sqrt{-1})\right\}$$

Da dieses $= 0$ seyn soll für $z = 0$, so ist $F : x = f : x$
der beide Functionen, obgleich ihre Form noch unbestimmt
leibt, müssen von *einerlei* Form seyn.

Wenn man unter $f' : x$ versteht

$$\frac{d.f:x}{dx}, \text{ unter } f'' : x = \frac{d^2.f:x}{dx^2}, \text{ und so ferner}$$

o ist bekanntlich nach dem Taylor'schen Lehrsatze

$$:(x - z\sqrt{-1}) = f:x - z\sqrt{-1}.f':x + \frac{z^2}{2}.f'':x + \frac{z^3.\sqrt{-1}}{6}.f''':x + \frac{z^4}{24}.f'''':x - \text{etc.}$$

$$:(x + z\sqrt{-1}) = f:x + z\sqrt{-1}.f':x - \frac{z^2}{2}.f'':x - \frac{z^3.\sqrt{-1}}{6}.f''':x + \frac{z^4}{24}.f'''':x + \text{etc.}$$

$$\text{also } w = -zf':x + \frac{z^3}{6}.f''':x - \frac{z^5}{120}.f^{v}:x + \text{etc.}$$

nd eben so würde u durch eine von dem Zeichen $\sqrt{-1}$ ganz
efreite Form ausgedrückt. Dieses dient wenigstens zum Be-
eise, daſs der mit dem Zeichen des Unmöglichen behafteten
ormeln ungeachtet wohl eine brauchbare Auflösung hervorge-
en kann.

Die Form der hier noch unbestimmt bleibenden Function
:x müſste durch eine zweite Bedingung bestimmt werden, zum
eispiel durch die gegebene Gestalt der Oberfläche. Was sich
uf diesem Wege etwa leisten läſst, habe ich in den Zusätzen
u Euler's Gesetzen des Gleichgewichts und der Bewegung
üssiger Körper[1] gezeigt, aber um anwendbare Folgerungen zu
rhalten, müſste man nothwendig auf den Widerstand Rück-
cht nehmen, welchen die Bewegung jedes Theilchens leidet,
nd da dieser gewiſs selbst eine Function der Geschwindigkeit
t, so fiele die Voraussetzung, daſs $X = 0$ und $Z = -1$ ist,
eg, zugleich bliebe die Formel: $X dx + Z dz$ nicht für sich
ntegrabel und es würde daher eine scharfsinnige Bestimmung
er Fälle, die bei diesen Voraussetzungen allenfalls noch auf-
sbar wären, fordern. Fragen, an deren Auflösung man
ielleicht am ersten denken, und bei denen man diesen Wider-

1 S. 194.

stand bei Seite setzen könnte, scheinen die zu seyn, die sich auf Oscilationen im Gefäſs von gegebener Form und auf die Wellenbewegung beziehen; indeſs sind dann u und w nothwendig von der Zeit abhängig, und es ist ungewiſs, ob sie unter der ganz willkürlich eingeführten Bedingung, daſs $u\,dx + w\,dz$ für sich integrabel sey, enthalten sind. Die Untersuchung kann allerdings dadurch erleichtert werden, daſs man die Oscillationen oder die Wellen unendlich klein annimmt; aber dann scheint sie auch keinen erheblichen Nutzen darzubieten.

Auch die allgemeine Betrachtung, wo v nicht $= 0$ ist, wird leichter für die analytische Behandlung, wenn $u\,dx + v\,dy + w\,dz$ für sich integrabel ist, aber selbst dann gelangt man nur zu einer etwas bequemern Differentialgleichung des zweiten Grades, deren Integration groſse Schwierigkeiten darbietet. Man hat daher noch kaum einen Fortschritt über das heraus, was Euler geleistet hat, machen können, diejenigen, zum Theil sehr schätzenswerthen Untersuchungen abgerechnet, die Laplace über die Oscillationen des Meeres bei der Ebbe und Fluth, Poisson und Cauchy über Wellen angestellt haben.

Geschichte und Literatur der Hydrostatik und Hydrodynamik.

Die erste theoretische Behandlung hydrostatischer Lehrsätze kommt wohl bei Archimedes vor. In seinem Buche *περὶ τῶν ὀχουμένων*, oder de insidentibus humido zeigt er, daſs wegen der zum Gleichgewichte nothwendigen Gleichheit des Druckes von allen Seiten die Wasseroberfläche der ganzen Erde eine Kugel bilden müssen; dann beweiset er, daſs ein eingetauchter Körper mit der Gewalt, welche dem Gewichte des aus der Stelle getriebenen Flüssigen gleich ist, gehoben wird; endlich folgen Untersuchungen einzelner Fragen, ob Körper, namentlich Konoide, in Stellungen, wobei die Axe von der Senkrechten abweicht, schwimmen können oder zur senkrechten Stellung der Axe zurückkehren. Daſs er auch die Frage, wie man die Quantität des einem andern Metalle beigemischten Metalles bestimmen könne, auflöste, ist bekannt. Da des Archimedes übrige Bemühungen, ebenso wie die der übrigen ältern Mechaniker, mehr

Praktische betreffen, so habe ich davon im Art. *Hydraulik* edet.

In der Zeit der Wiederherstellung der Wissenschaften hat etaldi Einiges zu dem, was Archimedes gelehrt hatte, zugesetzt[1]. Von Stevinus giebt Montucla[2] an, daſs er wa 1580) in seiner Mechanik den hydrostatischen Druck rich- bestimmen lehrte, und schon auf den auffallenden Umstand, s der Druck auf den Boden mehr, als das Gewicht der gan- Wassermasse betragen könne, aufmerksam machte. Ueber sen und ähnliche Gegenstände hat auch Galilei vollständi- e Betrachtungen angestellt[3], unter andern darüber, daſs bst eine geringe Wassermasse zureicht, den specifisch leich- en Körper zu heben. Das hydrostatische Paradoxon, daſs zwei verbundenen Röhren die kleine Masse in der engern hre einen ebenso groſsen Druck als die gröſsere Masse in der iteren Röhre ausübt, oder eine groſse Masse in der wei- en Röhre das Gleichgewicht hält, führt er darauf zurück, s ja bei entstehender Bewegung jene kleine Masse in eben n, aber entgegengesetzten Verhältnisse sich schneller bewe- müsse, wodurch das Auffallende beseitiget werde. Er ver- ilt lange dabei zu zeigen, daſs es nicht auf die Gestalt des irpers, sondern auf sein specifisches Gewicht ankomme, ob untersinkt, und giebt die Gründe, warum Nadeln oder Me- blättchen, ihres groſsen specifischen Gewichts ungeachtet, der Oberfläche bleiben, sehr richtig an. Es hänge nämlich von ab, daſs die gröſste Höhe des Randes, den das Wasser, ne sich über den eingetauchten Körper zu ergieſsen, anneh- n kann, groſs genug sey, um einen Raum, der mit Wasser üllt, mehr als die Nadel wiegt, faſste, frei zu lassen; welche aft aber diesen Rand erhalte und das Zusammenflieſsen der den Wasserwände hindere, giebt er nicht genau an. Um specifische Gewicht der festen Körper zu bestimmen, brachte on Galilei eine hydrostatische Waage, zur Abwiegung im asser in Vorschlag, (la bilancetta), deren Einrichtung Vi- ani und Castelli zu verbessern suchte[4].

1 Archimedes promotus. Romae 1603.

2 Hist. II. 180.

3 In seinem Buche: delle cose, che stanno sul acque; Opere. Fiorent. Tom. I. p. 222.

4 Galilei Opere. I. 624 III. 312. (Firenze, 1718).

Die durch Pascal's Untersuchungen veranlaſsten Erörterungen Boyle's über hydrostatische Paradoxa[1] sind für die damaligen Kenntnisse nicht ohne Werth.

Die Untersuchungen von Castelli, Torricelli, Mariotte und Guglielmini habe ich schon oben angegeben. Newton stellte in seinen Principiis gründlichere Betrachtungen an, besonders über den Widerstand, den feste Körper bei der Bewegung in flüssigen leiden, und über die Gestalt, wobei der Widerstand am kleinsten ist; über die Bahn geworfner Körper in widerstehenden Medien, über den Ausfluſs des Wassers aus Gefäſsen; über die Oscillationen des Wassers in Röhren und über die Wellenbewegung[2]. Varignon (du mouvement des eaux courantes) und Herrmann (phoronomia, s. de viribus et motibus corporum solidorum et fluidorum) stellten ähnliche Untersuchungen mit Anwendung höherer Analysis an. Die immer schätzenswerthen Bemühungen Wolf's, Musschenbroek's, s'Gravesande's und anderer muſs ich übergehn. Aber einen ganz neuen Weg betrat Johann Bernoulli, der, auſser Untersuchungen über die Bewegung fester Körper in Widerstand leistenden Flüssigen, unter dem Titel: hydraulica, nunc primum detecta et demonstrata directe ex fundamentis, pure mechanicis[3], eine, in der That ganz neu begründete, vollständigere theoretische Hydrodynamik aufstellte. Euler ertheilt dem Verfasser über diese Arbeit die ausgezeichnetsten Lobes-Erhebungen, die dieses scharfsinnige Werk, wenn es auch noch manches zu wünschen übrig lieſs, sehr verdiente[4]. Wenige Jahre später (1738) erschien Daniel Bernoulli's hydrodynamica, in welcher der Verfasser die hydrodynamischen Sätze aus dem Princip der Erhaltung der lebendigen Kräfte herleitete, und manche Vergleichung mit Erfahrungen mittheilte. Segner's Erläuterungen[5] schlossen sich an diese Entdeckungen an. Dagegen leitete D'Alembert die gesammten Lehren der Hydrodynamik auf eine andere, sich mehr an die allgemeinen Princi-

---

1 Boyle hydrostatic paradoxes, wovon eine zureichende Noti sich findet in Phil. Transact 1665. I. 175.

2 Principia lib. II.

3 Joh. Bernoulli opera IV. 387. Diese Schrift ist vom Jahr 17[illegible]

4 l. c. pag. 389.

5 Exercitationum hydraulicarum fasciculus. 1747.

n der Mechanik anschlieſsenden Weise ab, und vervoll- nmte die Formeln[1]. Noch vorzüglicher aber ist Euler's Dar- llung der theoretischen Hydrodynamik, indem die Formeln leuchtender abgeleitet und mit mehr Vollständigkeit angewandt d. Euler ist auf diese Untersuchung mehrmals zurückgekom- n, am vollkommensten ist die Darstellung in den novis Com- nt. acad. Petropol. Tom. 13 bis 16, aus welchen ich sie über- zt und mit Zusätzen vermehrt herausgegeben habe, unter dem el: die Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung flüssiger rper, dargestellt von L. Euler. Leipzig 1806. Kästner in ner Hydrodynamik. Karsten im 5. und 6. Bande seines hrbegriffs erläuterte die von diesen groſsen Männern aufge- llten Lehrsätze. Lagrange hat nachher in seiner mécani- e analytique, und Laplace in der mécanique céleste die ndlehren der Hydrodynamik entwickelt, und der letztere Anwendungen der allgemeinen Formeln auf die Figur der le und die Ebbe und Fluth mitgetheilt. Einzelne Erweite- gen der Theorie finden sich in: Cauchy sur une espèce par- lière du mouvement des fluides[2], wenn nämlich entweder es Theilchen dem andern gänzlich folgt, oder auch niemals den Platz gelangt, wo jenes gewesen ist. Ferner in Gallus tersuchungen über die Grundformeln der Bewegung flüssiger rper[3], auch Navier sur les lois du mouvement des fluides, nt égard à l'adhésion des molecules[4].

Die Grundlehren der Hydrostatik und Hydrodynamik findet n, mit mehr oder minderer Ausführlichkeit und Gründlich- t in den Lehrbüchern der Mechanik, unter welchen Poisson's té de mécanique vorzüglich genannt zu werden verdient.

B.

Hydrographie.

Hydrographia; Hydrographie; *Hydrography*; chreibung der Gewässer des Erdballs; im Gegensatze zur graphie und als specieller Theil derselben. Da die Beschrei- g der inländischen Gewässer, als Seen, Flüsse u. s. w. zur

---

1 Traité de l'équilibre et du mouvement des fluides. 1744.

2 Journal de l'École polytechn. 19. Cah. p. 204.

3 Gergonne Annales des math. Tome XIV.

4 Bullet. de la soc. philomat. 1825. Avril.

Geographie der umgebenden Länder gehört, so beschränkt sich die Hydrographie auf die Beschreibung und Ortsbestimmung der Meeresküsten, der Vorgebirge, der Inseln, Klippen und Sandbänke. Früher wurden diese Beschreibungen, wegen ihrer Unentbehrlichkeit für die Schifffahrt, auch in die Lehrbücher der Navigation aufgenommen, und diese mit dem Namen einer *Hydrographie* belegt. Von dieser Art ist das Werk des Jesuiten G. Sournier's[1] und einige andere dieser Art. Heutzutage wird die Schifffahrtskunde in besondern Lehrbüchern mitgetheilt; der Hydrographie hingegen gehören die Seecharten und Pläne von Inseln, Buchten, Hafen, und die Beschreibung der Reiseruten an.

Der Aufschwung, welchen die Geographie durch D'Anville erhielt, hatte auch auf die hydrographischen Forschungen einen sehr günstigen Einfluſs. Man zog die alten Reiseberichte der Spanier und Holländer hervor, und die Anwendung einer umsichtigen Kritik auf jene frühern Angaben erhob die Hydrographie zu einem Studium, welches anziehend durch seine geistige Behandlung, manche wichtige Entdeckung aus dem Dunkel der frühern Zeit hervorrief, und so der nautischen Geographie nicht minder wichtige Bereicherungen verschaffte, als die thätigen Forschungen der neuern Seefahrer. Diesen Pfad betraten in Frankreich Büache und besonders Fleurieu, der durch seine geistvolle Bearbeitung die Reise eines bloſsen Kauffahrers zum Range der Entdeckungsreisen erhob[2], und in einem gelehrten Werke die Rechte seiner Landsleute gegen die Ansprüche späterer Entdecker wirksam vertheidigte[3]. In England war es der Zeitgenosse Cook's, Alex. Dalrymple, dessen scharfsinnige Untersuchungen der Hydrographie eine Menge werthvoller Berichtigungen zubrachten, welche er durch eine reichhaltige Sammlung wichtiger, meist unbekannter, Charten und Pläne vermehrte. Ihm zur Seite steht Rennell, be-

1 Hydrographie, contenant la théorie et la pratique de toutes les parties de la Navigation; Paris 1679. Sec. Ed. gr. Fol.

2 Voyage autour du monde, pendant les années 1790, 91 et 92 par Étienne Marchand, avec Cartes et fig. publ. p. C. P. Claret Fleurieu. Paris. 1797. 4.

3 Decouvertes des Français en 1768 et 69 dans le Sud-Ouest de la nouvelle Guinée. Paris. 1790. 4.

ühmt durch seine Arbeiten über die Geographie von Indien und ıfrica. Ihm verdankt die Nautik sinnreiche Aufschlüsse über ie Strömungen am Vorgebirge der guten Hoffnung, und am ingange des Bristol-Canals, und durch sie die Bewahrung ınches kostbaren Lebens und Eigenthums. Die Genauigkeit er geographischen Ortsbestimmungen, für welche seit Cook nd Bougainville eine neue Epoche aufgegangen ist, hat der lydrographie eine Menge sicherer Bestimmungen verschafft, on denen, als Vergleichungspuncten aus, sie die constanten ehler der ältern Angaben berichtigen konnte, wodurch viele nst nutzlose Data in richtige Positionen umgewandelt wurden; nd ihr überhaupt zu einer Ausdehnung und Gründlichkeit ver- olfen, welche ihr unter den beschreibenden Wissenschaften nen ehrenvollen Rang zusichert. In die Fuſsstapfen jener Ve- ranen der nautischen Geographie treten nun die Hydrographen orsburgh, Hurd und Purdy, alle bekannt durch bedeu- nde und gründliche Bearbeitungen verschiedener Theile des dischen Oceans. Ein umfassendes Werk über Hydrographie rdanken wir dem Russischen Admiral von Krusenstern. ine im J. 1819. in deutscher Sprache erschienenen „*Beiträge r Hydrographie der gröſsern Oceane, als Erläuterung einer arte des ganzen Erdkreises*" enthalten das Resultat vieljähri- r mühsamer Forschungen und Sammlungen; und diese haben ther durch eine gänzliche Umarbeitung eine so auſserordent- he Ausdehnung und Vermehrung erhalten, daſs sie mit Recht das Hauptwerk über Hydrographie anzusehen sind; eine sel- ie Bekanntschaft mit neuern und ältern Entdeckungen, ver- nden mit der sorgfältigsten wissenschaftlichen Kritik, und e unübertreffliche Vollständigkeit sind die auszeichnenden rzüge dieses Werkes, welchem ein reichhaltiger Atlas neu worfener Charten zur Seite geht[1]. Die früher unter der Hy-

1 Der vollständige Titel dieser neuen Bearbeitung, welche in ischer und französischer Sprache erschienen ist, ist folgender: ueil de mémoires hydrographiques pour servir d'analyse et d'expli- on à l'Atlas de l'Océan pacifique, par le Commodore de Krusenstern. Petersbourg, de l'Imprimerie du departement de l'instruction publi- . 1824. gr. 4. 326 Seiten mit einem Atlas in gr. fol. von 15 Blät- , 22 gröſsere und kleinere Charten und 17 Pläne von Hafen ent- end. Der IIte Band; Ibid. 1827. hält 480 S. mit einem Atlas von Blättern, welcher 21 Charten und 7 Pläne darstellt. Der erste Band

drographie mit begriffene Schifffahrtskunde, in so weit sie die Längen- und Breitenbestimmung angeht, gehört der nautischen Astronomie an, für welche nebst mehrern trefflichen Englischen Werken *Müller's* Handbuch der Schifffahrtskunde; Hamburg, 1819. 8; ganz vorzüglich aber die Problèmes d'Astronomie nautique et de navigation par *C. Gueprattе*; Brest. 1823. 2 Vol. 8. anzuführen sind. *H.*

Hydrostatik;

hydrostatica; hydrostatique; *hydrostatics.* Die Lehren vom Gleichgewichte unelastischer flüssiger Körper sind es, welche den Inhalt der Hydrostatik ausmachen. Der ganze Umfang dieser Wissenschaft läſst sich in folgendem kurzen Abrisse übersehen.

Wichtigste Lehren der Hydrostatik.

Als eine Haupteigenschaft der flüssigen Körper können wir die ansehen, daſs sich ein auf sie ausgeübter Druck nach allen Seiten gleichmäſsig verbreitet. Wenn ein fester Körper in einem, ihn genau umschlieſsenden Gefäſse enthalten wäre, und eine
Fig. 131. Kraft drückte durch die Oeffnung B des Gefäſses auf ihn nach der Richtung AB, so würde dieser Druck zwar den festen Körper gegen den Boden CD des Gefäſses drängen, oder wenn einige Theile der Wände des Gefäſses unter einem schiefen Winkel gegen diese Richtung geneigt wären, wie EF, so würden diese einen Druck, so wie es die Zerlegung der in der Richtung AB wirkenden Kraft in eine auf sie senkrechte und in eine mit ihnen parallele Kraft fordert, leiden; aber HI würde gar keinen Druck von dem festen Körper, der sich eher von dieser Wand zu entfernen strebt, leiden. Ist dagegen eben das Gefäſs mit einem flüssigen Körper erfüllt, und es wird ein die Oeffnung B genau schlieſsender Kolben nach der Richtung AB

---

beschäftigt sich mit der Untersuchung aller Küsten, Inseln, Klippen, Sandbänke der südlichen Hälfte des stillen Oceans; der Letztere enthält die nördliche Hälfte eben dieses Meeres. Das Atlantische Meer ist in spätern Lieferungen zu erwarten. Auszüge und Beurtheilungen dieses Werkes findet man in Verneur's Journal des Voyages, und in Zach's Corresp. Astron. Vol. XIII et XIV; et prem. Cah. du Vol. XV. Hieher gehört auch als Handbuch zum Nachschlagen folgendes Werk: Tables de principales positions géonomiques du Globe par Ph. J. Coulier. Paris, 1828. 494. S. in 8. *H.*

edrängt, so leiden alle Wände einen Druck, und wenn
ıspiel alle übrigen Wände, bloſs H I ausgenommen, eine
Festigkeit beſäſsen, H I aber den angebrachten Druck
ıshalten könnte, so würde die Wand H I nach auſsen ge-
zerbrechen und also die Wirkung eines Druckes zeigen,
r der Richtung A B der ursprünglich wirkenden Kraft ge-
ıtgegengesetzt ist. Einen eben solchen Beweis für die
len Richtungen sich verbreitende Wirkung des Druckes
las Hervordringen aus Oeffnungen im Gefäſse. Wenn
fäſs eine so geringe Höhe hat, daſs man auf das nach
drückende Gewicht des Flüssigen nicht zu sehen braucht,
d die bei B drückende Kraft dieselbe bei M mit eben so
Gewalt, als bei L hervortreiben.

Diese Eigenschaft einer nach allen Richtungen gleichmä-
Fortpflanzung des Druckes ergiebt als nothwendige Folge,
der Theil der Wand, dessen Oberfläche so groſs ist, als
i B gegen das Flüssige zu gedrängte Oberfläche des Kol-
einen Druck, gleich der auf B wirkenden Kraft, leidet.
ı also irgendwo bei L oder M ein Stück der Wandfläche
nigen Stücke gleich, dessen Stelle der Kolben B einnimmt,
glich wäre, und durch eine auf die Oberfläche senkrechte
ruhend erhalten werden sollte, so müſste diese Kraft eben
oſs seyn, als die auf den Kolben wirkende. Wären auch
ere solche bewegliche Theile der Wand da, jeder so groſs
äche, wie der Kolben, so würde jeder mit eben dem Druk-
n Zustande der Ruhe erhalten werden müssen, und es
daher das allgemeine Gesetz hervor, daſs der Druck, wel-
ein Theil der Wand, vermöge der auf B drückenden Kraft
t (immer vorausgesetzt, daſs B ein beweglicher, gegen
Oberfläche des Wassers gedrückter Kolben ist), der Gröſse
Wandstückes und der Gröſse jener drückenden Kraft pro-
ional ist.

Eben diesen Druck leidet nun auch jedes Theilchen des
ısigen selbst, und ein bei N im Flüssigen sich befindender
per wird in jedem Theile seiner Oberfläche eben so gedrückt,
daſs man ihn mit einem starken auf B angebrachten Drucke
lrücken kann, obgleich dieser Druck sich nur durch den flüs-
n Körper bis dorthin fortpflanzt.

Wenn der flüssige Körper wie die Luft, einer Zusammen-
ückung fähig ist, so tritt die ganze Wirkung dieses Druckes

erst dann ein, wenn der, in einer Röhre vorrückende Kolben eine solche Conpression hervorgebracht hat, wobei die Ausdehnungskraft des Flüssigen groſs genug ist, um fernerem Vordringen des Kolbens zu widerstehen; leidet dagegen der flüssige Körper keine Zusammendrückung, so tritt jener Druck auf alle Wände sogleich vollkommen ein. Wenn der flüssige Körper eine Zusammendrückung erlitten hat, und die drückende Kraft hört auf, so dehnt er sich wieder aus, und darauf beruht es, daſs wir die flüssigen Körper, die fast gar keiner solchen Ausdehnung und Zusammenpressung fähig sind, wie Wasser, *tropfbar* nennen. Könnten wir eine kleine Luftmasse, gleichsam einen Tropfen Luft, in einen luftleeren Raum hinüber tragen, so würde diese Masse dort sogleich sich in einen ungemein groſsen Raum ausbreiten, dort also nicht mehr als ein Tropfen erscheinen, und solche Fluida sind also nicht tropfbar; diejenigen dagegen sind es, die in einen leeren Raum hinübergetragen, sich nicht auf diese Weise ausdehnen und zerstreuen.

Die Hydrostatik handelt nur von diesen, statt daſs die Aërostatik von den ausdehnbarem Flüssigen redet. Da das Wasser die bekannteste tropfbare Flüssigkeit ist, so pflegt man statt aller tropfbaren Flüssigkeiten meistens nur vom Wasser zu reden, und auch der Name Hydrostatik ist vom Wasser (ὕδωρ) hergenommen.

Da das Wasser, wie alle Körper, schwer ist, so übt eine Wassermasse auch ohne Beihülfe einer fremden Kraft schon einen Druck auf den Boden, auf die Wände des Gefäſses und auf jeden in ihr enthaltenen Körper aus. Ist nämlich bei a ein schweres Wassertheilchen, so drückt dieses auf das zunächst unter ihm liegende und ebenso mittelbar auf alle folgenden. Darauf gründet sich der Satz, *daſs die Oberfläche der der Schwerkraft unterworfenen tropfbar flüssigen Körper beim Gleichgewichte horizontal ist*, oder allgemein, *daſs die Oberfläche senkrecht ist auf die mittlere Richtung aller beschleunigenden Kräfte, welche auf jedes an der Oberfläche liegende Theilchen wirken.* Ich habe nur nöthig, dieses in Beziehung auf die Schwere zu beweisen, da es dann auch für andere Kräfte erhellet. Läge bei b ein Theilchen oberhalb der Horizontallinie, in welcher sich ein daneben liegendes Theilchen der Oberfläche befindet, so litte das unter b liegende Theilchen einen Druck vermöge des Gewichtes des auf demselben liegen-

Fig. 132.

den, und würde daher zum Ausweichen nach der Seite angetrieben; es würde, da kein Gegendruck von a her statt findet, diesem Antriebe zum Ausweichen folgen, und das Gleichgewicht könnte nicht eher eintreten, bis alle Theile der Oberfläche gleich hoch liegen, oder bis alle Theile der Oberfläche eine auf die Richtung der Schwere senkrechte Ebene bilden.

Die Bestimmung des Druckes, den tropfbar flüssige Körper wegen der Schwere ausüben, läſst sich nun leicht finden. Es Fig.
sey zuerst ein gerades prismatisches oder cylindrisches Gefäſs mit 132.
verticaler Axe. Hier trägt jede Schicht CD das Gewicht der darüber stehenden Wassersäule, und da jede Schicht den auf sie ausgeübten Druck auf die nächste tiefere Schicht überträgt und dazu das Gewicht jener Schicht noch hinzukommt, welches den Druck auf die nächste Schicht vermehrt, so erhält man für jede Schicht und so endlich für den ganzen Boden EF einen Druck, welcher dem Gewichte der über jener Schicht oder über dem Boden stehenden Masse des Flüssigen gleich ist. Jeder Theil des Bodens, dessen Oberfläche $= ff$ ist, leidet also einen Druck $= ff.D.h$, wenn h die Höhe der über dem Boden stehenden Säule und D das Gewicht der angenommenen Cubikeinheit des Volumens ausdrückt. Da man gewöhnlich die Schwerkraft als überall mit gleicher Gewalt wirkend ansieht, so betrachtet man D, als der Dichtigkeit proportional, indem das Gewicht eines Cubikfuſses dann allein von der Dichtigkeit abhängt.

Der Druck auf die Wände und auf den Boden eines auch nicht gerade cylindrischen oder prismatischen Gefäſses läſst sich nun auch leicht bestimmen. Da der Druck, den irgend eine Schicht CD des Flüssigen leidet, sich ebenso gut nach den Seiten als nach unten fortpflanzt, so ist es erstlich sehr leicht, den Druck auf einen schmalen Streif der Seitenwand, der nämlich nur eine sehr geringe Höhe hat, zu bestimmen. Ist die horizontale Länge dieses Wandstückes $= l$, seine Breite $= k$ und befindet sich die Mitte desselben in der Tiefe $= h$ unter der Oberfläche, so ist der Druck ebenso groſs, als wenn die Fläche $l.k$ von dem Gewichte einer Wassersäule, die über diesem Wandstücke stehend sich bis zu der Höhe $= h$ erstreckte, gedrückt würde, also der Druck $= h.k.l.D$. Diese Bestimmung des Druckes gilt, es mag der Theil der Wand vertical seyn, oder irgend eine schiefe Lage, wie LM oder NT haben, Fig. 133.

nur muſs die nach der Höhenrichtung gemessene Breite LM oder NT klein seyn, damit über die, für das ganze Wandstück im Mittel geltende Tiefe unter der Oberfläche keine Unsicherheit sey, sondern alle einzelnen Theile als beinahe von einer gleich hohen Säule gedrückt angesehen werden können.'

Dieser so berechnete Druck ist senkrecht auf die gedrückte Oberfläche, das heiſst, wenn statt der festen Wand LM ein beweglicher, aber dicht anschlieſsender Theil der Wand vorhanden wäre, so müſste dieser mit einer auf LM senkrechten Kraft, und zwar *mit einer Kraft, gleich dem Gewichte einer über dem Wandtheile stehenden, die Höhe* = h, *erreichenden Wassersäule* gedrückt werden, um das Hinausdrängen der Wand zu hindern. Aus der Zerlegung dieses Druckes, der = h.l.k.D war, geht dann, wenn die Fläche unter dem Winkel = η gegen den Horizont geneigt ist, ein horizontaler Druck = h.l.k.D.Sin. η und ein verticaler Druck = h.l.k.D.Cos. η hervor. Der horizontale Druck wird durch einen ebenso groſsen, horizontalen Druck an der gegenüber stehenden Seite des Gefäſses im Gleichgewicht gehalten; denn eben der horizontalen Schicht LMNT entspricht ein gegenüber stehendes Wandstück NT welches den Druck = h.l.k'.D leidet, und k' ist hier = NT wenn k = LM war; ist nun dieses unter dem Winkel = η' gegen den Horizont geneigt, so ist Nn = NT Sin. η' = LM. Sin. η und der aus dem Drucke auf NT hervorgehende horizontale Druck = h.l.k'.D.Sin. η', ist = hlkD Sin. η, so daſs ein Gefäſs von unveränderlicher Gestalt durch diese vereinten Pressungen nach entgegengesetzten horizontalen Richtungen, gar nicht nach einer oder der andern Richtung fortgetrieben wird. Da eben das für alle horizontalen Schichten bei jeder Form des Gefäſses gilt, so braucht derjenige, der das ganze Gefäſs zu halten strebt, auf diese Kräfte gar keine Rücksicht zu nehmen. Wäre das Gefäſs selbst fähig, seine Gestalt in Folge des Drucks zu ändern, so wäre es freilich anders, aber diesen schwierigen Fall zu erörtern, ist hier nicht meine Absicht.

Eben diese Betrachtungen dienen auch, um den Druck auf den Boden des ganzen Gefäſses zu bestimmen, auch wenn dieses kein verticales Prisma ist. Denn hat gleich rq nicht die ganze, bis zur Oberfläche AB hinauf reichende Wassersäule über sich, so leidet doch diese Stelle des Bodens eben den Druck, als ob sie von der ganzen Wassersäule r'q'qr gedrückt

würde, weil der auf andre Theile derselben Schicht lastende Druck sich nach allen Seiten hin fortpflanzt. So kann also der Druck, den der Boden leidet, gröſser, und selbst viel gröſser seyn, als das ganze Gewicht des vorhandenen Flüssigen, er ist nämlich gleich dem Gewichte der Säule RSUT. Dieses anscheinende Paradoxon ist unstreitig durch die Eigenschaft der flüssigen Körper, den Druck nach allen Richtungen ungeschwächt fortzupflanzen, vollkommen begründet; man kann es aber auch durch folgende Vergleichung noch mehr erläutern. Wäre zwischen RQ und rq eine elastische Feder eingespannt, die stark zusammengedrückt, die Kraft von 10 Pfunden anwendet, um sich auszudehnen, so leidet sowohl der obere Boden, wofür ich hier pQ annehme, als auch der untere Boden rq diesen Druck von 10 Pfunden, und der letztere hat zugleich noch das Gewicht der Feder zu tragen; wären also beide Böden PQ, qr, nicht fest verbunden, so müſste der, welcher an beiden Orten der ausdehnenden Kraft der Feder widerstehen will, die ganze eben erwähnte Kraft ausüben; dagegen wenn beide Böden fest mit einander verbunden sind, so ist es das Gewicht der Feder allein, welches man zu erhalten braucht. Und gerade so ist es hier. Wenn die Höhe des Wassers über PQ durch h ausgedrückt wird, die Höhe über rq durch $h + h'$, so sehen wir, daſs aus dem Drucke auf PQ ein vertical aufwärts gerichteter Druck $= h . l . D . k' \, \text{Cos.}\, \eta'$ hervorging, und wenn $\varkappa' = PQ$, $\varkappa' \, \text{Cos.}\, \eta' = pQ$ ist, jener verticale Druck $= h l D . pQ$, hinaufwärts gefunden wurde; da nun der verticale Druck auf $rq = (h + h') . l D . rq = h l D . pQ + h' l D . rq$, ist, so besteht er aus dem Drucke, den PQ aufwärts litt, und dem Gewichte der Säule Pq, und im festen Gefäſse heben sich jene gleichen Pressungen auf, so daſs der, welcher das Gefäſs trägt, in Beziehung auf den für PQ, rq statt findenden Druck bloſs das Gewicht der wirklich vorhandenen Wassersäule zu tragen hat; und da dieses in Beziehung auf alle Wassersäulen ebenso gilt, so heben überhaupt alle übrigen Drückungen auf Wände und Boden sich auf, und nur das gesammte Gewicht des Flüssigen bringt denjenigen verticalen Druck hervor, den man beim Aufheben des Gefäſses zu überwinden hat. Fig. 134.

Dieser auf den unteren Boden des Gefäſses und auf jeden Theil der Wand so stark wirkende Druck, den wir eben vorhin berechnet haben, ist es nun, welcher die auffallenden Erschei-

nungen einer durch eine geringe Menge Wasser bewirkten ungemein starken Hebekraft hervorbringt. Da der anatomische *Heber*[1] und die *Wasserpresse* als eigene Artikel vorkommen, so will ich als ein Beispiel eines solchen Versuches nur s'Gravesande's *follis hydrostaticus*[2] anführen. Zwei kreisförmige Scheiben bilden den oberen und unteren Boden eines Gefäſses, dessen Seitenwände aus starkem Leder bestehen; im obern Boden befindet sich eine kleine Oeffnung, auf welche eine lange cylindrische Röhre aufgesetzt ist. Gieſst man in dieses Gefäſs zuerst nur soviel Wasser, daſs es bis zur untern Mündung der Röhre gefüllt ist, belegt aber dann den obern Boden mit sehr bedeutenden Gewichten, so tritt das Wasser in die Röhre hinauf; diese groſsen Gewichte reichen aber nicht hin, um den obern Boden viel herabzudrücken, weil der Gegendruck der in der Röhre hinauftretenden Wassermasse jenen Pressungen das Gleichgewicht hält. Nimmt man den obern Boden des Gefäſses, wie s'Gravesande von 15 Zoll Durchmesser oder 176 Quadratzoll $= 1\frac{1}{5}$ Quadratfuſs Fläche, so braucht das Wasser in der Röhre nur $3\frac{2}{3}$ Fuſs hinaufgedrängt zu werden, um 300 Pfund zu tragen, wie es am angeführten Orte angegeben wird.

Schon Galilei hat ein andres hieher gehöriges Experiment angegeben, welches ebenfalls angeführt zu werden verdient und das man am besten so anstellen könnte. Man stelle ein oben offenes Gefäſs, dem man am besten eine seitwärts gehende Röhre giebt, um bei zu hohem Steigen des Wassers diesem einen Ausfluſs zu gestatten, auf die Schale einer Waage. Man fülle das Gefäſs so weit, daſs das Wasser durch jene seitwärts gehende Röhre auszuflieſsen anfängt, und bringe jetzt durch Gegengewichte die Waage ins Gleichgewicht. Nun tauche man mit der Hand einen ziemlich breiten Körper allmälig immer tiefer in das Wasser, oder noch besser, man bringe einen gerade über dem Gefäſse an einer festen Unterlage angebrachten Körper, den man durch Schrauben höher oder tiefer stellen kann, durch allmäliges Herabschrauben so in das Wasser, daſs er das Gefäſs nicht berührt; so flieſst durch die Röhre immer mehr Wasser ab, je tiefer jener Körper sich einsenkt; das Gleichgewicht aber bleibt ungestört, und wenn der eingetauchte Körper so gewählt

1 S. oben S. 137.

2 s'Gravesand physices elementa. Tom. I. p. 415.

ur wenig Raum neben ſich frei läſst, doch ohne
gendwo zu berühren, ſo kann man den gröſsten
aſſers heraustreiben, und dennoch ſcheint der Ue-
immer eben ſo viel zu wiegen, als vorhin die grö-
Der Grund hiervon iſt leicht einzuſehen; denn da
s Waſſers über dem Boden immer gleich bleibt, ſo
ler Druck auf den Boden immer gleich, es mag der
Vaſſer oder mit dem feſtgehaltenen Körper ausge-
dieſer feſtgehaltene Körper leidet zugleich einen
ärts, aber da er nirgends in Verbindung mit dem
ht, ſo vermindert dieſer aufwärts gehende Druck
Veiſe den durch das Gegengewicht am Wagebalken
n Druck auf den Boden.

mächtige Druck des Waſſers wird beſonders da
, wo das Waſſer Zutritt unter eine ſehr breite Boden-
t. Aus dieſem Grunde ſichert man die Schleuſen,
das Waſſer viel niedriger als auſserhalb zu ſtehen
it, durch ſorgfältig in einander gefügte Pfahlwände, die
den Boden hinab die Verbindung zwiſchen der Ge-
das Waſſer hoch ſteht, und der, wo es über dem
boden niedrig ſtehen ſoll, gänzlich hindern; findet es
l einen Weg dahin, ſo hebt es den Schleuſenboden mit
walt. Eben das findet bei den *Schiffsdocken* ſtatt, in
e Schiffe mit der zu ihrem Flottſeyn nöthigen Waſſer-
ahren; dann aber durch Wegſchaffen der ganzen ſie
den Waſſermaſſe trocken gelegt werden, während vor
ren der Docke das Waſſer ſeine ganze Höhe von 12,
Fuſs behält.

bisherigen Betrachtungen konnten angeſtellt werden,
i die Ungleichheit der Höhe des Waſſers über einzelne
der Wände Rückſicht zu nehmen, da wir nur einen
n Wandſtreifen, der beinahe überall gleich tief unter
rfläche liegt, zu betrachten brauchten. Um den Druck
ganze Seitenwand zu beſtimmen, kann man ſo verfah- Fig. 135.
Es ſey AB eine verticale Wand und die ganze Höhe
h bis an die Oberfläche des Waſſer in n gleiche Theile
t; die Länge der Wand ſey $= 1$. Dann leidet das Stück
velches $= 1.\frac{1}{n}h$ iſt, einen Druck, der kleiner als

$l \cdot \frac{1}{n} h \cdot h \cdot D$ und gröſser als $l \cdot \frac{1}{n} h \cdot \frac{n-1}{n} h \cdot D$ ist, indem die Tiefe $= h$ nur für den untersten, die Tiefe $= \frac{n-1}{n} \cdot h$ nur für den obersten Theil des Wandstückes gilt. Ebenso ist für das zweite Stück der Druck zwischen $l \cdot \frac{1}{n} h \cdot \frac{n-1}{n} h \cdot D$ und $l \cdot \frac{1}{n} h \cdot \frac{n-2}{n} h \cdot D$ enthalten, und wenn man den Druck auf die ganze Wand bestimmen will, so erhält man zu viel, wenn man die Reihe $= \frac{1}{n^2} l h^2 D \,(n + (n-1) + (n-2) + \ldots + 1)$ summirt, und zu wenig, wenn man die Reihe $\frac{1}{n^2} l \cdot h^2 D \,((n-1) + (n-2) + \ldots + 1)$ summirt; der Druck liegt also zwischen den Grenzen $= \frac{1}{n^2} l \cdot h^2 D \cdot \frac{1}{2} n (n+1)$ und $= \frac{1}{n^2} l \cdot h^2 D \cdot \frac{1}{2} n (n-1)$, oder zwischen den Grenzen $= \frac{1}{2} l h^2 D + \frac{1}{2n} l h^2 D$, und $= \frac{1}{2} l h^2 D - \frac{1}{2n} l h^2 D$; das heiſst, da n jede Zahl bedeuten kann, der Druck ist $= \frac{1}{2} l h^2 D$. Der Schwerpunct einer solchen Wand liegt in der Tiefe $= \frac{1}{2} h$ unter der Wasserfläche, *und der Druck ist also so groſs als das Gewicht einer Wassersäule, deren Basis die Wand selbst wäre, und deren Höhe der Tiefe des Schwerpunctes unter der Oberfläche gleich wäre.*

Dieser letztere Satz gilt nicht bloſs für die verticale Wand sondern für alle Seitenwände. Es sey nämlich auch für die in ihren verschiedenen Theilen ungleich gegen den Horizont geneigte Wand die verticale Tiefe $= h$ in n gleiche Theile getheilt; die Neigung des untersten einen Wandtheils gegen den Horizont sey $= \eta$, die des zweiten $= \eta'$ und so weiter, so ist die Gröſse des einen Wandtheils $= \frac{1}{n} \frac{h \cdot l}{\text{Sin.}\, \eta}$, des zweiten $= \frac{1}{n} \cdot \frac{hl}{\text{Sin.}\, \eta'}$, und der Druck auf alle zusammen wird durch die Reihe $\frac{1}{n} h l D \left(\frac{h}{\text{Sin.}\, \eta} + \frac{(n-1)}{n} \cdot \frac{h}{\text{Sin.}\, \eta'} + \frac{(n-2)}{n} \cdot \frac{h}{\text{Sin.}\, \eta''} + \text{etc.} \right)$

ısgedrückt. Aber $\frac{1}{n} \cdot \frac{h.l.}{\text{Sin.}\eta}$ drückt den Inhalt des untersten 'andstückes aus, und die eben so gebildeten Ausdrücke be- ichnen den Inhalt der übrigen Wandstücke; jedes derselben mit seinem Abstande von der Oberfläche $= \frac{n}{n}.h; = \frac{n-1}{n}.h$ ıd so weiter multiplicirt, und so drückt jene Reihe die Summe n Momenten in Beziehung auf die Oberfläche aus, wenn man ɘ Gröſse der Wandstücke als Gewichte ansieht; es ist aber be- nnt, daſs die Tiefe des Schwerpunctes = H mit der Summe er Gewichte = ff multiplicirt gleich ist der Summe der ein- lnen Momente, und daſs daher D.H.ff den Druck auf die nze Wand angiebt, wenn ff den Flächen-Inhalt der ganzen 'and ausdrückt.

Diese Regel reicht zu, um den Druck, den jedes Stück der 'and, oder den die ganze Wand leidet, zu bestimmen, die ɜstalt derselben sey, welche sie wolle.

Aus dem Bisherigen läſst sich auch ableiten, wie das Gleich- wicht besteht, wenn ungleichartige, nicht in eine gleichartige ischung übergehende flüssige Körper in einem Gefäſse enthal- ı sind. Jedes dieser Flüssigen nimmt eine horizontale Ober- che an, wenn die Schwere allein, die wir als überall nach rallelen Richtungen wirkend ansehen, auf sie wirkt. Die ɔglichkeit des Gleichgewichtes fände statt, selbst dann, wenn ɜ dichtere Schicht den oberen Platz einnähme, indem bei ıer ganz genau horizontalen Oberfläche beider Körper die ɔerfläche und jedes gleich tief liegende Theilchen des untern ɪrpers genau gleich stark gedrückt, keines also zum Auswei- ɘn seitwärts angetrieben würde. Aber ein solches Gleichge- cht besteht nie auf längere Zeit, weil bei der geringsten Ab- ichung der Oberflächen von der horizontalen Ebene der Druck einem Puncte gröſser wird, und an diesem Puncte ein Her- strömen der schwereren Materie eintritt, welches sich nicht er endiget, bis der schwerere Körper den untern Raum einge- mmen und hier eine horizontale Oberfläche angenommen hat. itt dann eine kleine Störung des Gleichgewichts ein, so be- ht diese nur in einem Schwanken um den Zustand des Gleich- wichtes, und nach einigen Schwankungen stellt sich die hori- ntale Oberfläche wieder her.

Sind es andere Kräfte, die auf die verschiedenen Schich-

ten des Flüssigen wirken, so bilden ſich beim Gleichgewichte die Oberflächen dieser Schichten so, daſs sie in jedem Puncte senkrecht gegen die mittlere Richtung der gerade dort wirkenden Kräfte sind. Der Druck, welchen jedes in irgend einer Tiefe liegenden Theilchen der Wand oder des flüssigen Körpers leidet, wenn sich Schichten verschiedenartiger flüssiger Körper über demselben befinden, läſst sich ebenfalls leicht finden; man sucht nämlich, wenn das Stück der Wand keine erhebliche Höhe hat, das Gewicht einer über diesem Wandstücke errichteten flüssigen Säule, deren einzelne Theile an Höhe und Dichtigkeit mit den Höhen und Dichtigkeiten der darüber stehenden verschiedenen Flüssigen überein stimmen.

Endlich gehört zu diesen Bestimmungen über den Druck ungleich dichter flüssiger Körper auch noch die Frage, wie hoch ungleich dichte flüssige Körper in zwei mit einander verbundenen Röhren stehen. Ist zuerst die Röhre A B C mit einem gleichartigen Flüssigen bis an D E; F G; gefüllt, so liegen beide Oberflächen D E; F G; in einer horizontalen Ebene, wenn nämlich die Richtungen der allein hier wirkenden Schwerkraft als unter sich parallel können angesehen werden. Denn da der Druck auf irgend ein Theilchen a der Tiefe unter der Oberfläche proportional ist, so würde der von der Seite D a wirkende Druck nicht dem von G a her wirkenden Drucke gleich seyn, wenn nicht beide Oberflächen gleich hoch lägen, und es könnte bei a kein Gleichgewicht bestehen. Befindet sich dagegen in der Röhre A B eine Flüssigkeit, deren Dichtigkeit $= D$, in C B eine Flüssigkeit von der Dichtigkeit $= D'$, und nimmt die leichtere den Raum G c, die schwerere den Raum b a c ein, so muſs die Höhe $= H$ der erstern über der Fläche c d $H = \frac{H' D'}{D}$ seyn, wenn H' die Höhe der andern über eben dieser Trennungsfläche ist. Wäre also zum Beispiel die schwerere Flüssigkeit Quecksilber, die leichtere Wasser, so würde des leichteren Wassers Oberfläche in c G fast 14 mal so hoch über d c stehen müssen, als die des schweren Quecksilbers in b a sich über c d oder c d′ befindet, weil Quecksilber fast das 14 fache specifische Gewicht des Wassers hat.

Fig. 136.

Ein anderer in der Hydrostatik abzuhandelnder Gegenstand ist die Lehre von dem Gleichgewichte der in das Wasser eingetauchten Körper. Fragt man bloſs nach dem Drucke, den

in irgend einem Puncte leiden, so beantwortet offenbar
on die vorige Betrachtung diese Frage; denn die Oberfläche
Körpers leidet in jedem Puncte eben den Druck, welchen
e an eben dem Orte befindliche Seitenwand leiden würde.
gt man aber nach der Gewalt, welche das Flüssige auf den
zen Körper ausübt, so ergiebt sich, daſs bei flüssigen Kör-
n, auf welche bloſs die Schwerkraft wirkt, *der Druck des*
ssigen Körpers hinaufwärts mit so viel Kraft wirkt, als
Gewicht der von dem festen Körper aus der Stelle getriebe-
flüssigen Masse beträgt. Man nehme nämlich zwei einan- Fig. 137.
in verticaler Richtung gegenüberstehende Theile ab, cd
Oberfläche des festen Körpers, die Tiefe der erstern sey
h, der andern $=$ h′ unter der Oberfläche, so ist ab.h der
ıck auf die höhere, cd.h′ der Druck auf die tiefere; macht
n ab mit der Horizontallinie den Winkel $= \eta$; cd dagegen
n Winkel $= \eta'$, so ist be $=$ df $=$ ab Cos. $\eta =$ cd Cos. η';
vertical drückende Kraft, die aus jenem auf ab senkrechten
ıcke hervorgeht, ist aber $=$ ab.h.Cos. η, und die Vertical-
ft, welche aus dem auf cd senkrechten Drucke hervorgeht,
$=$ cd . h′.Cos. $\eta' =$ ab . h′ Cos. η, der Unterschied beider
$=$ ab.Cos. η . (h′—h); also da ab.Cos. $\eta =$ eb den ho-
ntalen Querschnitt der Säule abdc bedeutet, (h′—h) die
he derselben, so ist, da hier das specifische Gewicht oder
Dichtigkeit des Flüssigen $= 1$ angenommen und deshalb in
Formel für den Druck der Buchstabe D weggelassen ist,
diesen beiden correspondirenden Theilen der Oberfläche zu-
ıörende aufwärts gerichtete Druck gleich dem Gewichte der
ıssersäule, die den Raum abdc ausfüllen würde. Es läſst
ı offenbar die Anwendung genau ebenso auf jede solche Säule
:hen, die man in dem Körper abschnitte, und die gesammte
valt, mit welcher der gegen die untere Seite des Körpers ge-
ıtete Druck diesen zu heben strebt, ist so groſs als das Ge-
ht des aus der Stelle getriebenen Flüssigen.

Die Frage, ob der Körper im Wasser untersinken, oder
ihm einmal gegebenen Platz fortdauernd einnehmen oder
ı höher heben wird, läſst sich also sogleich beantworten.
das Gewicht des ganzen festen Körpers ebenso groſs, als das
vicht des aus der Stelle getriebenen Flüssigen, so hat er
ler ein Bestreben zu steigen noch zu sinken, beträgt das Ge-
:ht des festen Körpers mehr, so sinkt er; beträgt es weniger,

so hebt er sich, und hört nicht eher auf zu steigen, bis ein Theil über der Oberfläche des Wassers hervorragt, und nur noch so viel von ihm im Wasser bleibt, daſs das Gewicht des ganzen Körpers dem Gewichte des jetzt noch aus der Stelle getriebenen Wassers gleich ist. So lange der Körper ganz untergetaucht bleibt, ist die Gewalt, mit welcher er gehoben wird, ganz gleich, er befinde sich tiefer oder minder tief unter der Oberfläche, kommt aber bei dem leichtern Körper ein Theil des Körpers über der Oberfläche des Wassers hervor, so wird die Menge des nun noch aus der Stelle getriebenen Wassers geringer, und da der Druck aufwärts immer gleich dem Gewichte dieser Wassermenge bleibt, so tritt endlich ein Gleichgewicht zwischen dem Gewichte des ganzen Körpers und dem Gewichte des aus der Stelle getriebenen Wassers ein, und dieses giebt die Bestimmung, wie viel von dem Volumen des Körpers beim Schwimmen noch eingetaucht bleibt. Die Frage, in welcher Lage der Körper schwimmen kann, wird wohl besser unter dem Art. *Schwimmen* und *Metacentrum* abgehandelt[1].

Diese Betrachtungen über den Druck, den ein eingetauchter Körper leidet, führen zu der Bestimmung des specifischen Gewichtes[2]. —

Die hydrostatischen Betrachtungen über die Figur solcher Körper, auf welche beschleunigende Kräfte einwirken, welche selbst die Gestalt bestimmen, übergehe ich hier, da sie im Art. *Erde*[3] vorkommen. Ebenso übergehe ich diejenigen Erscheinungen, welche von den gewöhnlichen Gesetzen der Hydrostatik abzuweichen scheinen, wo nämlich Wasser in sehr engen Röhren über die Oberfläche des umgebenden Wassers aufsteigt, Stahlnadeln auf dem Wasser schwimmen u. s. w., weil diese Erscheinungen aus der besondern anziehenden Kraft, wovon der Art. *Capillarität* handelt, erklärt werden müssen[4]. Von dem Drucke solcher Körper, die, wie Sand, als halbflüssig anzusehen sind, ist im Art. *Druck* gehandelt[5].

---

1 S. *Schwimmen* und *Metacentrum*.
2 S. *Gewicht*, Th. IV. S. 1489 und *Aräometer*. Th. I. S. 349.
3 Vergl. Th. III. S. 920.
4 S. Th. II. S. 35.
5 S. Th. II. S. 614.

)leitung der Grundformeln der Hydrostatik.

Um die Betrachtungen über das Gleichgewicht eines flüs- 'n Körpers ganz allgemein zu begründen, denken wir uns jedes Theilchen beschleunigende Kräfte wirkend, die als ıctionen des Ortes anzusehen sind. Es sey nämlich die Lage :s Theilchens des Flüssigen durch drei auf einander senk- ıte Coordinaten x, y, z bestimmt, und die nach den Rich- ;en dieser drei Coordinaten wirkenden beschleunigenden fte durch X, Y, Z ausgedrückt. Diese Kräfte, obgleich leicht veränderlich von einem Puucte zum andern, können h angesehen werden als gleich für jeden Punct des Theil- ns $dm = D.dx.dy.dz$, wo D die Dichtigkeit des Theil- ns ausdrückt. Diese beschleunigenden Kräfte geben dem :ilchen eine der Masse proportionale bewegende Kraft, die nach jenen Richtungen durch Xdm; Ydm; Zdm; darge- t wird. Aber da der von andern Theilchen her ausgeübte ck auch auf dieses Theilchen wirkt und zwar der gedrückten he proportional ist, so erhellet, daſs für die Fläche $= dx.dy$, :he auf z senkrecht ist, $p.dxdy$ den Druck darstellt, wenn ıs Maſs des Druckes auf die Fläche $= 1$ ist, und daſs die- für die um dz davon entfernte Fläche in

$$+ \left(\frac{dp}{dz}\right).dz\Big)dxdy,$$ nach den für ähnliche Aenderun- gebräuchlichen Bezeichungen, übergeht. Diese Aende- $$;= \left(\frac{dp}{dz}\right)dxdy.dz$$ kann durch nichts anders als durch nach der Richtung der z wirkende bewegende Kraft $\cdot.D.dxdydz$ bewirkt werden, und da eben die Ueber- ng auch $\left(\frac{dp}{dx}\right)dx.dy.dz = X.D.dxdydz$ und

$$\Big)dxdydz = Y.D.dx.dy.dz$$ ergiebt, so ist

$$\Big) = D.X;\ \left(\frac{dp}{dy}\right) = D.Y,\ \left(\frac{dp}{dz}\right) = D.Z,$$ also

$$\Big)dx + \left(\frac{dp}{dy}\right)dy + \left(\frac{dp}{dz}\right)dz = D(Xdx + Ydy + Zdz)$$

$$= dp.$$

das nicht der Fall wäre, ſelbst ein Gefäſs nicht das Gleichgewicht erhalten kann. D'Alembert fügt noch die Bemerkung hinzu, die sich fast von selbst versteht, daſs auch die äuſseren, irgendwo auf die Oberfläche wirkenden Kräfte den Werthen gemäſs seyn müssen, die das Gleichgewicht fordert. Es ist zum Beispiel ganz gewiſs, daſs eine homogene Wassermasse, deren Oberfläche horizontal ist, im Gleichgewichte bleiben kann, wenn bloſs die Kraft der Schwere auf die Wassermasse wirkt; aber gesetzt in einem Theile der Oberfläche, wo der Druck $=0$ war, fange eine äuſsere Kraft an, vermittelst eines Kolbens einen Druck auszuüben, so besteht das Gleichgewicht nicht mehr, obgleich die Formel $g\,dz$ noch immer integrabel bleibt. Und ebenso kann es in andern Fällen vorkommen.

Ich wende, um nicht zu weitläuftig zu seyn, diese Formeln nicht auf mehrere Fälle an. Für die Schwerkraft ist es klar, daſs aus $dp = D.g.dz$ folgt $p = \text{Const.} + Dgz$, daſs also, wenn h der Werth von z ist, welcher der freien, gar keinen Druck leidenden Oberfläche angehört, $p = D.g(z-h)$ der vollständig bestimmte Werth des Integrals, also der Druck $=p$, der Tiefe $= z - h$ unter der freien horizontalen Oberfläche proportional ist. Leidet diese freie Oberfläche den Druck der Atmosphäre, so muſs, wenn ich diesen $= k$ setze, für die Tiefe $= h$ vom Anfangspuncte der verticalen Ordinaten an $p = k$, also $k = gDh$ seyn und $\text{Const.} = k - g.D.h$, also allgemein $p = k + gD(z-h)$, und daraus läſst sich die Auflösung aller oben schon betrachteten Probleme herleiten.

Die Literatur der Hydrostatik ist im Art. *Hydrodynamik* angeführt. *B.*

Hygrometer.

Hygroskop, Notiometer, Feuchtigkeitsmesser, Psychrometer; *Hygrometer; Hygroscopium, Notiometrum;* Hygromètre, Hygroscope, Notiomètre; *Hygrometer, Hygroscope; Notiometer.*

Hygrometer (von ὑγρὸς naſs, feucht) oder Notiometer (von νότιος naſs, feucht oder νοτὶς die Feuchtigkeit, beides von Νότος der Südwind), neuerdings Psychrometer (von ψυχρὸς kalt) genannt, ist ein Werkzeug, woran die Menge der in de-

mosphärischen Luft enthaltenen Feuchtigkeit gemessen werden ll, so wie **Hygroskop** ein solches bezeichnet, wodurch an bloſs die Anwesenheit derselben ohne eigentliche Messung obachten will. Dasselbe gehört also unter die sogenannten eteorologischen Apparate, und da man diese allezeit möglichst rvielfältigte, die überwiegende Menge hygroskopischer Subınzen aber hierzu das weiteste Feld eröffnete, so läſst sich hon im Voraus vermuthen, daſs die Zahl der Vorschläge zu lchen Werkzeugen nicht geringe seyn kann; bei näherer Unrsuchung findet man sie indeſs weit über alle Erwartung groſs. ygroskopische Substanzen finden sich nämlich sehr zahlreich allen drei Reichen der Natur, und wenn dann hinzukommt, ſs die nämliche Substanz mehrere Constructionen für hygroopische Zwecke zuläſst, so muſs das Gesagte minder auffallend scheinen. Inzwischen lohnt es sich keineswegs der Mühe, e insgesammt aufzuzählen oder gar umständlich zu beschreiben, nn es unterliegt keinem Zweifel, daſs die meisten der angeandten Stoffe überhaupt nicht geeignet sind, ein genaues Maſs r in der Atmosphäre vorhandenen Feuchtigkeit zu geben, und endrein verlieren alle aus dem Thier- und Pflanzen-Reiche kürzerer oder längerer Zeit, meistens sehr bald, ihre hygroopische Eigenschaft. Weil aber aus den physikalischen Apparen bei dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft billig alle ejenigen verbannt werden müssen, welche keine genaue Mesng desjenigen gewähren, was sie zu messen bestimmt sind, verlieren damit alle älteren Apparate dieser Art aus dem Thierıd Pflanzenreiche gänzlich ihren Werth. Daſs dieses harte theil auch die besten und berühmtesten derselben trifft, werde ı später darthun. Unter den mineralischen Substanzen ist mir ine bekannt, welche ein genaues Maſs der atmosphärischen uchtigkeit giebt; die meisten derselben verlieren auſserdem e hygroskopische Eigenschaft in kürzerer oder längerer Zeit, d sie gehören sonach mit jenen andern dem Wesen nach unter eselbe Classe. Wäre also dieses Werk dazu bestimmt, bloſs n eigentlich brauchbaren Instrumenten Rechenschaft zu geben, würde am Ende nur ein einziges eigentliches Hygrometer zu schreiben seyn, allein der Vollständigkeit wegen werde ich e mir bekannt gewordenen nennen, um zugleich das ausgerochene Urtheil zu rechtfertigen, und für die Zukunft zu verten, daſs nicht unlängst veraltete Erfindungen wieder als neu

aufgeführt werden. Zur besseren Uebersicht stelle ich die unter das Thierreich, Pflanzenreich und Mineralreich gehörigen abgesondert zusammen[1].

A. Hygrometer aus dem Thierreiche.

Die häutigen und sehnigten Theile der thierischen Körper, insbesondere auch die Haare, Federn und Klauen, werden durch den Einfluſs der feuchten Luft weich, dehnen sich aus oder biegen sich, und zeigen durch diese Veränderung die wirkende Ursache so genau an, daſs einige derselben auf kurze Zeit und bis sie durch allmälige Austrocknung gegen den Einfluſs der Feuchtigkeit unempfindlich werden, zum wirklichen Messen der Menge des in der Luft vorhandenen Wasserdampſes dienen können. Dahin gehören hauptsächlich die vielen Arten der aus Darmsaiten verfertigten Hygrometer. Eine der ältesten von diesen ist durch Molineux[2] beschrieben, und besteht aus einer etwa 6 Zoll langen Darmsaite, welche am obern Ende befestigt ist, am untern aber eine hölzerne oder elfenbeinere Kugel von etwa 2 Zoll Durchmesser trägt. Auf letzterer ist durch zwei, eine Linie von einander abstehende, parallele Horizontalkreise eine Zone gebildet und in willkürliche Theile getheilt, auf welche ein an einem festen Gestelle angebrachter Zeiger hinzeigt. Wenn dann die vermehrte atmosphärische Feuchtigkeit ein Aufdrehen der Seite bewirkt, und hiernach die Kugel um ihre verticale Axe gedrehet wird, so deutet der Zeiger dieses auf den Theilen der Zone an[3].

Sturm[4] vertauschte die vom P. Maignan gewählten Grannen des wilden Hafers mit einem Ende einer Darmsaite, welches er auf einer horizontalen Scheibe lothrecht befestigte, oben mit einem Zeiger versah und in eine Glasröhre einschloſs, um

---

1 Eine reiche Sammlung und Zusammenstellung solcher Substanzen, welche Feuchtigkeit anziehen, mit einander verglichen durch Griffiths findet man in Journ. of Lit. Sc. and Arts XXVII. 92.

2 Phil. Trans. Nro. 162. Acta Erud. ann. 1686. p. 389.

3 Man befestigte auch unten an der Saite ein kleines Gewicht mit einem Zeiger, welcher auf einer horizontalen Scheibe auf verschiedene Grade zeigte, welches indeſs eine bloſse Abänderung der beschriebenen Construction ist.

4 Colleg. curios. Norimb. 1676. 4.

ı aufrecht stehend zu erhalten, allein das Glas hindert den eien Zutritt der atmosphärischen Luft, und macht somit den pparat unbrauchbar. Brander, von welchem viele Hygroeter dieser Art verfertigt sind, lieſs daher die Glasröhre weg, ıd wählte statt dessen eine etwas stärkere, durch ihre eigene eiſheit sich aufrecht erhaltende, Darmsaite von 1,5 Zoll Länge, festigte das eine Ende derselben auf dem unteren Boden einer essingenen Büchse von 4 Z. Durchmesser in einem drehbaren ifte, versah das andere, über den Deckel hervorragende Ende rselben mit einem horizontalen, sehr leichten messingenen iger, und theilte die Oberfläche des Deckels in eine gewisse ızahl von Theilen, welche zur Menge des atmosphärischen 'asserdampfes in einem bestimmten Verhältnisse stehen sollten. ie so von ihm verfertigten Büchsen haben stark durchbrochene itenwände, damit die Luft frei zur Darmsaite gelangen, und e Feuchtigkeit sie aufdrehen kann, wodurch sich die Spitze s Zeigers über der Theilung bewegt und somit zugleich die genommene Menge des atmosphärischen Wasserdampfes angiebt.

Die Bestimmung der Menge von Wasserdampf in einem ıbikfuſs atmosphärischer Luft nach den Graden seines Hygroeters entlehnte er aus der bekannten Abhandlung von Lambert[1], elcher sich groſse Mühe gab, durch seine Versuche über die rdunstung das quantitative Verhältniſs des Wasserdampfes in r atmosphärischen Luft nach den Graden des von ihm versserten Sturm'schen Hygrometers aufzufinden.

Die gemeinsten Apparate dieser Art, die sogenannten holıdischen Hygrometer, welche auch in Nürnberg in Menge vertigt und durch Hausirer zum Verkaufe ausgeboten werden, stehen aus einem kleinen Häuschen von Pappe, in welchem ı Stück einer Darmsaite lothrecht herabhängt, und an seinem teren Ende eine runde Pappscheibe trägt, auf welcher zwei ppen, eine männliche mit einem Regenschirm, und eine weibhe mit einem Fächer stehen. Durch das Aufdrehen der Saite Folge gröſserer Feuchtigkeit der Luft kommt die männliche ppe vermittelst der Drehung der Scheibe aus ihrer Thüröffng und deutet somit auf Regen, statt daſs ihr Zurückgehen d das Hervorgehen der weiblichen Puppe heitere Witterung

1 Mém. de l'Acad. des Sc. de Pruss. 1769 u. 72. Lambert's Hymetrie a. d. Fr. übers. Augsp. 1774. 8. Fortsetzung 1775. 8.

andeuten soll. Ungleich weniger ist die Vorrichtung des P. Mersenne bekannt geworden, welcher eine Darmsaite ausspannte, und aus ihrem tieferen Tone auf gröſsere Feuchtigkeit, aus dem höheren auf Trockenheit schloſs[1].

Unter die bekanntesten und wegen ihrer Einfachheit nicht ganz verwerflichen Hygrometer gehört das von Chiminello auf Veranlassung einer von der Churpfälzischen Akademie der Wissenschaften 1783 über die Verfertigung harmonirender Hygrometer aufgegebenen Preisfrage in Vorschlag gebrachte Federkielhygrometer. Man nimmt hierzu einen unpräparirten Kiel einer gemeinen Gänsefeder, schabt ihn sehr dünn, welches am besten nach Anfüllung desselben mit Quecksilber geschieht, füllt eine nach der Weite der einzusenkenden Glasröhre zu bestimmende Länge desselben mit Quecksilber, senkt eine Glasröhre hinein, bis das Quecksilber ohngefähr in die Mitte derselben aufsteigt, und bindet den Kiel an dieser mit einem seidenen Faden fest. Zur Bestimmung der festen Puncte wählte er für die gröſste Feuchtigkeit das Einsenken in Wasser, und für die gröſste Trokkenheit das Aussetzen an die Sonnenstrahlen bei trockner Atmosphäre und 25° R. Temperatur[2]. Ein diesem gleiches Hygrometer hatte schon früher Capineau vorgeschlagen, jedoch bestimmte er zu festen Puncten das Einsenken in Eis für die gröſste Feuchtigkeit, welche er mit 0 bezeichnete, und die Wärme unter einer brütenden Henne, welchen er mit 33° bezeichnete[3]. Studer[4] hat eine vollständige Beschreibung des Verfahrens mitgetheilt, vermittelst dessen dieses Hygrometer möglichst vollkommen verfertigt werden kann, und er giebt ihm namentlich auch in Beziehung auf seine Dauer einen entschiedenen Vorzug; allein die Erfahrung zeigt genugsam, daſs alle Federkiele mit der Zeit ihre hygroskopische Kraft verlieren, obgleich sie den frischen im hohen Grade eigen ist. Statt der angegebenen Construction empfiehlt Retzius[5] den dünn geschabten Federkiel schraubenförmig in einen schmalen Streifen zu schneiden,

---

1 S. Dalencé Traité des baromètres, thermom. et hygromètres. Amst. 1688.

2 Opuscoli scelti di Milano. T. IX. p. 1. G. IV. 479.

3 Journ. de Phys. XV. 384.

4 G. LIX. 309.

5 Lichtenb. Mag. IV. 163. V. 115.

ınd den Grad der Feuchtigkeit nach dessen Verlängerung zu ıessen.

Unter die Vorschläge, den Grad der atmosphärischen Feuch- igkeit durch die Ausdehnung thierischer Häute zu messen, ge- ıört der des Giov. Bapt. da St. Martino, einen Streifen ioldschlägerhaut auszuspannen, welcher sich durch Nässe aus- ehnt, und bei gröſserer Dürre zusammenzieht. Für den Punct er gröſsten Feuchtigkeit wählt er den Stand des Zeigers beim influsse eines dicken Nebels, dagegen setzt er den Punct der röſsten Trockenheit dahin, wohin das Instrument zeigt, wenn s in einem Gefäſse der Einwirkung einer bis 50° R. erhitzten uſt ausgesetzt ist, und glaubt auf diese Art ein besseres und ohlfeileres Instrument, als das Saussüre'sche Haarhygrometer u erhalten; allein die Goldschlägerhaut ist schon durch die Art hrer Verfertigung weniger empfänglich für die atmosphärische euchtigkeit, als das Menschenhaar, und trocknet leichter so ollständig aus, daſs sie ihre hygroskopische Eigenschaft gänz- ch verliert. Empfindlicher im Anfange, aber gleichfalls nicht on länger Dauer ist ein Stück Froschhaut, welches Huth [2] npfiehlt, und eine Rattenblase, welche Wilson [3] nach Art des ederkieles mit Quecksilber zu füllen und eine Glasröhre in letz- res einzusenken räth. Fr. Mayer in Verona endlich hat die is Innere des Eies umgebende Haut als hygroskopische Sub- anz vorgeschlagen [4], allein ich finde nicht, daſs ein solcher pparat jemals wirklich ausgeführt ist.

Unter die vor längerer Zeit zu Hygrometern vorgeschlage- n und nicht ohne Grund sehr empfohlenen Substanzen gehört e Seide, welche unter allen hierzu verwandten animalischen offen dem austrocknenden Einflusse der atmosphärischen Luſt elleicht am längsten widersteht. Anfangs schlug Casbois [5] vor, n Darm, oder denjenigen Theil des Seidenwurms, welchen man wöhnlich zum unteren Ende der Angelschnüre verwendet, als

---

1 Lichtenb. Mag. VI. 99.

2 Journ. von u. für Deutschl. 1784. S. 473.

3 Ann. de Chim. V. p. 307. Bibl. univ. IV. 262. Ann. of Phil. .318. Man soll die Rattenblase umkehren und waschen, dann wieder ıkehren und mit Quecksilber füllen.

4 G. LIX. 307.

5 Journ. de Phys. XXIX. 349.

hygroskopische Substanz zu benutzen, Parrot[1] dagegen wählt zweckmäſsiger die rohe Seide, und dieser Meinung ist auch Babinet[2], welcher der Seide, den Coconfäden, nach vielen Untersuchungen sogar den Vorzug vor dem menschlichen Haare rücksichtlich gröſserer Empfindlichkeit einräumt, obgleich die Ausdehnung des letzteren gröſser ist. Das ursprüngliche, aus dem Darme des Seidenwurm's verfertigte Hygrometer suchte Cazalet zu verbessern, indem er einen ungleichförmigen Gang der Ausdehnung an den verschiedenen Exemplaren dieser Substanz wahrnahm[3], allein es scheint ihm nicht gelungen zu seyn, vollständige Uebereinstimmung herauszubringen.

Die umfassendsten Arbeiten über Hygrometer aus animalischen Stoffen haben v. Saussüre und de Lüc geliefert, letzterer mit kaum erträglicher Ausführlichkeit. Schon sehr frühe suchte nämlich de Lüc bei seinen eifrigen Bemühungen um die Aufhellung der Meteorologie die geeignetste hygroskopische Substanz aufzufinden, und wählte hierzu das Elfenbein[4]. Ein hohler elfenbeinerner Cylinder 2 Z. 8 L. lang, 2,5 Lin. inwendig weit, von $\frac{3}{16}$ Lin. Dicke der Wandungen, die oberen 2 Lin. der Länge jedoch etwas dicker und mit einer eingesenkten 14 Z. langen Glasröhre versehen, wird mit Quecksilber gefüllt, und für den Punct der gröſsten Feuchtigkeit in schmelzendes Eis gesenkt. Da wo alsdann das Quecksilber im unteren Ende der Glasröhre steht, ist der Nullpunct der Scale. Dann wird an einem Quecksilberthermometer der Abstand der beiden festen Puncte gemessen, die Kugel desselben zerbrochen und das Gewicht des enthaltenen Quecksilbers gesucht; die vierte Proportionalzahl zu diesem Gewichte, dem Gewichte dessen, welches zur Füllung des elfenbeinernen Gylinders nöthig ist und der Gröſse des gemessenen Abstandes giebt dann das Fundamentalintervall am Hygrometer, zu welchem die Röhre des zerbrochenen Thermometers verwandt wird. Dieses Intervall wird in 40 Grade getheilt, und solcher Theile werden dann noch weiter so viele auf die Scale getragen, als deren Länge verstattet. Man

1 Theoret. Physik II. 421.

2 Ann. de Chim. et de Phys. XXVI. 367.

3 Journ. de Phys. 1786. Vol. II. p. 247.

4 Phil. Trans. LXIII. N. 38. Journ. de Phys. V. 381. u. 457. Leipz. Samml. I. S. 10 ff.

ieht bald, daſs dieses Verfahren dazu dient, den Einfluſs der Wärme auf das Hygrometer mit Bequemlichkeit zu corrigiren; lenn wenn man bei den Beobachtungen zugleich ein in 40 Theile wischen den beiden festen Puncten getheiltes Thermometer ebraucht, oder die Zahl der Réaumürschen Grade halbirt, so rhält man hierdurch diejenige Aenderung des Hygrometers, velche eine Folge der Temperatur ist. Werden nämlich die eobachteten Grade des Thermometers von denen abgezogen, velche das Hygrometer zeigt, so giebt die Differenz die dem etzteren allein zugehörige Veränderung. Das obere Ende der töhre wird mit einem Deckel gegen Staub gesichert, ohne der uft den freien Zutritt zu nehmen. Ein Hygrometer dieser Art ebrauchte Phipps auf seiner Reise nach dem Nordpole[1], allein ler Erfinder verwarf dasselbe nachher selbst, weil er den Punct ler gröſsten Trockenheit nicht zu bestimmen vermochte, die Luft das Elfenbein nur an einer Seite berührt, und der Apparat icht unter der Campane der Luftpumpe anwendbar ist. Später at indeſs John Leslie[2] das nämliche Instrument ohne eigentiche Verbesserung und mit Weglassung der Construction für Värme wieder gebraucht. Das von ihm auf ähnliche Weise onstruirte Hygrometer hat den Anfangspunct der Scale dicht iber dem Elfenbein da, wo das Quecksilber steht, wenn das Gefäſs in Wasser getaucht oder mit einem nassen Streifen Leinvand umwickelt ist. Die Eintheilung der Scale wird so gemacht, laſs jeder Theil derselben 0,001 des inneren Raumes ausmacht, der 0,3 Gran Quecksilber enthält, dessen Totalgewicht 300 Gran beträgt, und die gewöhnlichen Aenderungen der Feuchtigeit betragen dann gegen 70 solcher Grade. Leslie fand indeſs, aſs dieses Hygrometer zwar empfindlich genug ist, obgleich eine Aenderungen nur langsam erfolgen, allein die Ausdehnunen und Zusammenziehungen sind stärker in der Nähe der gröſsen Feuchtigkeit, als im oberen Theile der Scale, und obgleich r eine logarithmische Curve zur Bezeichnung des Feuchtigkeitsustandes nach der Angabe des Hygrometers in Vorschlag bringt, o gesteht er doch zugleich, daſs auf eine bestimmte Messung

---

1 A Voyage towards the North-Pole etc. Lond. 1774. 4.

2 Kurzer Bericht von Versuchen und Instrumenten, die sich uf das Verhalten der Luft zur Wärme und Feuchtigkeit beziehen. Jebers. von H. W. Brandes. Leipz. 1823. 8. S. 106.

durch dasselbe nicht zu rechnen sey, wobei es auſserdem dem allgemeinen Fehler aller Apparate dieser Art gleichfalls unterliege, nämlich daſs die Substanz ihre hygroskopische Eigenschaft allmälig verliere.

Das erste Hygrometer, welches mit sehr groſsem Beifalle aufgenommen wurde und die Hygrometrie bedeutend weiter zu bringen schien, ist das durch v. Saussüre angegebene Haarhygrometer[1]. Die hygroskopische Substanz desselben ist ein weiches, nicht krauses und wo möglich blondes Menschenhaar, welches wegen der anklebenden Fettigkeit in einer Auflösung von 7,5 Scr. Sodasalz in 30 Unzen Wasser eine halbe Stunde, dann noch zweimal einige Minuten lang in reinem Wasser gekocht, in kaltem Wasser abgespült und im Schatten getrocknet wird. Ein solches Haar dehnt sich vom Puncte der gröſsten Trockenheit bis zu dem der gröſsten Feuchtigkeit um 0,024 seiner Länge aus, und wird beim verbesserten oder sogenannten Reisehygrometer des de Saussüre auf folgende Weise zum Messen der
Fig. 158.
Feuchtigkeit benutzt. Ein Rahmen von Messingdraht, IKLM von etwa 15 Z. Höhe und 3 Z. Breite dient als Träger des Ganzen, und wird in einem Kasten mit Glasthüren aufgehangen. Das zum Messen der Feuchtigkeit bestimmte und präparirte Haar ist mit einer Klemmschraube y an einer Vorrichtung befestigt, welche auf dem Drahte KL verschiebbar ist, und sich vermittelst der Preſsschraube x feststellen läſst, damit beim Einziehen eines neuen Haares, dessen Ausdehnung eine andere ist, als wofür das Instrument eingerichtet wurde, die Länge desselben vergröſsert oder verkleinert werden kann, um die für die Bewegung des Zeigers erforderliche Veränderung paſslich zu erhalten. Für kleine Correctionen des Zeigers dient die Mikrometerschraube m, womit det Halter der Klemmschraube y auf- und abwärts bewegt werden kann. Die Hauptsache beim Instrumente ist der Zeiger. Dieser ist auf einer feinen Axe zwischen den parallelen Streifen a c, welche durch den bei g festgeschrobenen Träger gehalten werden, so genau im Gleichgewichte balancirt, daſs er in jeder Lage stehen bleibt, und also durch die schwache Wirkung des Haares leicht bewegt werden kann. Das aus dem

1 Essais sur l'hygrométrie; à Neufchatel 1783. 8. Versuch über die Hygrometrie; durch Hor. Ben. de Saussüre. Aus d. Fr. von J. D. T. (Titius) Leipz. 1784. 8. Vergl. Biot Traité I. p. 335.

Mittelpuncte seiner Axe beschriebene Bogenstück b b ist doppelt eingekerbt; in die eine Furche ist das Haar gelegt und bei c befestigt, durch die andere ein feiner Seidenfaden, welcher bei a festgehalten wird und ein kleines Gewicht z, nur einige Grane schwer, trägt; um das Haar stets in einiger Spannung zu halten, und den Zeiger zu bewegen, wenn letzteres durch Feuchtigkeit mehr ausgedehnt wird. Das um n vermittelst des Knöpfchens q drehbare Stück n q o p endlich dient zum Festlegen des Gewichtes und Zeigers, wenn es in die durch punctirte Linien angedeutete Lage gebracht wird; eine zum sicheren Transportiren nothwendige Vorrichtung. Der an zwei Drähten befestigte Haken r s endlich ist bestimmt, ein Thermometer daran zu hängen, welches zur Ausmittelung des Quantitativen der atmosphärischen Feuchtigkeit unentbehrlich ist.

Die bloſse Beschreibung ergiebt, wie sinnreich dieser Apparat construirt ist, und es kommt nur darauf an, mit welcher Genauigkeit die hygroskopische Substanz die Feuchtigkeit der Luft anzeigt. Um zuvörderst den Punct der gröſsten Feuchtigkeit zu erhalten, wird das Instrument unter eine inwendig befeuchtete über einem Teller mit Wasser stehende Glocke aufgehangen, und die zunehmende Ausdehnung des Haares beobachtet. Wächst diese nach 5 bis 6 Stunden noch fortwährend, so ist das Haar unbrauchbar, und muſs verworfen werden. Verlängert sich dasselbe aber nach einigen Stunden nicht mehr, so wird der Zeiger auf den Punct der gröſsten Feuchtigkeit gestellt, und beobachtet, ob es dann wieder zurückgeht, wie bei einigen der Fall ist (cheveux retrogardes), weil man es dann gleichfalls mit einem andern vertauschen muſs. Um überhaupt von dem richtigen Gange des Haares überzeugt zu werden, muſs man diese nämliche Operation in Zwischenräumen von mehreren Tagen einigemale wiederholen.

Noch mühsamer ist das Verfahren, wodurch der Punct der gröſsten Trockenheit gefunden wird[1]. Auf einem halbcylinderförmigen Bleche werden gleiche Theile Salpeter und roher Weinstein verpufft, und das rückständige Pulver wird eine Stunde rothglühend erhalten. Dann wird das Blech so heiſs, als ohne Zersprengung der Campane geschehen kann, unter diese gestellt, in welcher zuvor das Instrument aufgehangen ist, und der Zu-

1 Journ. de Phys. 1778. I. p. 43.

tritt der äuſseren Luft wird durch Quecksilber abgeschnitten. Hierdurch erhält die eingeschlossene Luft die höchste Trockenheit, welches daran kenntlich ist, daſs das Haar dann durch Wärme sich wieder ausdehnt, jedoch nur um eine kaum meſsbare Gröſse. Der Punct, auf welchem der Zeiger dann stationär bleibt, wird mit 0 bezeichnet, und der durchlaufene Bogen zwischen beiden Normalpuncten in 100 Theile getheilt giebt die Grade der Scale.

Das Saussüresche Haarhygrometer kam bald zu groſsem Ansehn, und hat sich dabei eine geraume Zeit bis zur neuesten Periode der hygrometrischen Untersuchungen erhalten; bloſs an de Lüc fand dasselbe einen eifrigen Gegner. Dieser verwarf schon 1775 sein oben beschriebenes Hygrometer von Elfenbein, und wählte statt dessen das Fischbein zur hygroskopischen Substanz. Sein Apparat besteht gleichfalls aus einem Rahmen von Messing HIKL, welcher oben den getheilten Kreis abc trägt. Vor diesem ist der gleichfalls genau balancirte, vermittelst höchst feiner Axen leicht bewegliche Zeiger $\alpha\beta$ mit einer kleinen Rolle versehen, deren Rand eine doppelte vertiefte Furche hat. Als hygroskopische Substanz dient ein 0,5 Lin. breiter und etwa 8 Z. langer Streifen Fischbein, welcher von einem platten Kieferstücke vermittelst eines eigenen Hebels nach der Richtung der Querſibern abgeschnitten wird; am unteren Ende ist dieser in dem auf- und abwärts verschiebbaren, durch die Klemmschraube c festzustellenden Stifte $\gamma\delta$ befestigt, oben in einem kleinen Zängelchen, welches an einem Faden befestigt ist, und durch diesen mit sehr geringer Kraft aufwärts gezogen wird, um den Streifen stets etwas gespannt zu erhalten. Der Faden nämlich ist um die angegebene Rolle in der einen Furche ihres Randes zweimal umgeschlungen, ein anderer Faden aber um die nämliche Rolle in ihrer zweiten Furche nach entgegengesetzter Richtung geführt und mit dem andern Ende an der sehr feinen schraubenförmig gewundenen Drahtfeder $\varepsilon\zeta$ befestigt, welche ihn, und also auch den Fischbeinstreifen in der erforderlichen Spannung erhält, und mit ihrem anderen Ende an dem Halter d befestigt ist. De Lüc verfertigte solche Fischbeinstreifen von 1 Fuſs Länge, welche nicht mehr als 0,25 Gran wogen, dennoch 0,3 Unzen Gewicht trugen, und wovon 8 Zolle sich zwischen den beiden festen Puncten um 1 Z. ausdehnten. Zuerst vermochte der Erfinder dieses Apparates nur den Punct der gröſsten Feuch-

Fig. 139.

tigkeit zu bestimmen, und glaubte diesen bei allen Hygrometern nur durch Eintauchen in Wasser erhalten zu können; für den Punct der gröſsten Trockenheit hielt er die Anwendung des Feuers nothwendig, und weil die hygroskopischen Substanzen aus dem Thier- und Pflanzenreiche dieses nicht ertragen, so übergab er 1781 sein erstes mangelhaftes Werkzeug der Pariser Akademie ohne diesen zweiten Normalpunct. Bald nachher glaubte er indeſs auch diesen erhalten zu können, wenn er das Instrument in einem zinnenen mit ungelöschtem Kalke zum Theil angefüllten Kasten einige Tage aufhängte. Das Intervall zwischen diesen beiden festen Puncten theilte er in 100 Theile, und glaubte hiernach ein vollkommenes Hygrometer erhalten zu haben.

De Lüc verband nachher seine übermäſsig weitläuftigen Beschreibungen des von ihm erfundenen Hygrometers mit einer heftigen Polemik gegen die Anwendung sämmtlicher hygroskopischen Substanzen nach der Länge der Fibern, namentlich gegen das durch de Saussüre vorgeschlagene Haar[1]. In der Hauptsache kommen seine Einwendungen darauf hinaus, daſs der Punct der gröſsten Feuchtigkeit nicht anders als durch Eintauchen in Wasser erhalten werden könne, und dann trete bei allen Substanzen, sobald ihre Ausdehnung nach den Längenfibern gemessen werde, eine Unregelmäſsigkeit ein, vermöge deren sie zuerst über den Punct der gröſsten Feuchtigkeit hinausgingen, dann sich wieder verkürzten und endlich erst stationär würden, überhaupt aber in der Nähe dieses Punctes sich nicht regelmäſsig ausdehnten, einen Fehler, welchem auch Fischbeinstreifen nach den Längenfibern ausgesetzt wären. De Saussüre vertheidigte sein Hygrometer gegen die Vorwürfe des de Lüc, Chiminello und Giov. Bapt. da St. Martino dadurch, daſs er behauptete, diese hätten untaugliche Haare (cheveux retrogardes) angewandt[2], und auſserdem mache der zwischen den Fasern des Fischbeins enthaltene thierische Leim diese Hygrometer unsicher.

1 Idées sur la Météorologie. T. I. Sect. 1. ch. 3. Phil. Trans. LXXI. p. 1. u. p. 389. übers. in Gren. J. d. P. V. 279. Phil. Trans. LXXII. p. 400. übers. in Gren. J. d. Ph. VIII. p. 141. Monthly Rev. LI. 224. LXXI. 213. LXXVI. 236. New ser. 1791. p. 133. Journ. Ph. XXXII. 132.

2 Journ. de Phys. 1788. Janv. u. Fev. T. XXXII. p. 24 u. 98.

auch sey schon vollkommene Sättigung der Luft mit Feuchtigkeit vorhanden; wenn das von de Lüc angegebene erst 80 bis 81 Grade zeige. Hinsichtlich dieses letzteren Einwurfes hat de Saussüre gewiſs Recht, insofern die Luft nie einen Grad der Feuchtigkeit annehmen kann, welcher auf die hygroskopische Substanz so wirkt, als die unmittelbare Berührung mit Wasser. Soll aber das Letztere als Punct der gröſsten Feuchtigkeit gelten, dann hat de Lüc als Resultat seiner genauen Versuche erwiesen, daſs das Haar in der Nähe dieses Punctes sich unregelmäſsig ausdehnt. Sollen daher beide auf einander reducirt werden, so hat de Lüc hierfür folgende Tabelle für beide Apparate angegeben:

	Fischbein	Haar	Fischbein	Haar	
Trocken.	0	0,0	50	85,4	
	5	12,0	55	88,4	
			60	90,8	
	10	29,9	65	92,8	
	15	39,9	70	95,1	
	20	50,8	75	97,1	
	25	58,8	80	98,1	
	30	65,3	85	99,1	
	35	70,8	90	99,6	
	40	76,1	95	100,0	
	45	81,4	100	99,5	Wasser.

Will man nach dieser Zusammenstellung die hygrometrische Eigenschaft der Fischbeinstreifen nicht ganz in Zweifel ziehen, so muſs man annehmen, daſs das Uebergewicht des Vertrauens auf seine Seite falle, und dieses wird dadurch um so wahrscheinlicher, daſs die flachen Querfibern des Fischbeins leichter die nur geringen Quantitäten der Feuchtigkeit zwischen sich aufnehmen und dadurch eine der Menge der Feuchtigkeit proportionale Ausdehnung erleiden, als ein röhrenförmiges Haar. Es läſst sich dieses indeſs bloſs wahrscheinlich machen, und keineswegs zur vollen Gewiſsheit erheben. Nach welchen Grundsätzen man übrigens aus den Graden der genannten Hygrometer auf die Quantität der in der Luft enthaltenen Wassermenge schlieſst, wird später unter der Theorie gezeigt werden.

De Saussüre's Hygrometer ist später verschiedentlich abgeändert, oder, wie man meinte, verbessert. Riché z. B. nahm statt eines Haares 8 mit einander verbundene, um die

Reibung der Zapfen am Zeiger leichter zu überwinden[1], machte aber dadurch das Instrument bei der ungleichen Beschaffenheit verschiedener Haare offenbar unsicherer. Landriani schlägt vor, mit dem Haarhygrometer eine Vorrichtung zu verbinden, wodurch es seinen höchsten und tiefsten Stand bleibend zeigen soll. Diese ist seinem Thermometrographen genau nachgebildet, und besteht aus einem gezahnten Rade, welches mit der Axe des Zeigers verbunden ist, und durch einen leichten Sperrhaken festgehalten wird. Es sind dann zwei Hygrometer erforderlich, jedes mit einem solchen Rade versehen, jedoch sind die Zähne bei dem einen in entgegengesetzter Richtung von der des andern geschnitten, so daſs das eine beim höchsten, das andere beim tiefsten Stande des ihm zugehörigen Zeigers festgehalten wird[2]. Auſser den Unbequemlichkeiten aber, welche diese Vorrichtung schon beim Barometrographen hat, kommt noch die neue hinzu, daſs schwerlich ein Künstler diesen Mechanismus so fein herstellen kann, als er seyn müſste, wenn die Ausdehnung und Zusammenziehung des Haars ihn bewegen sollte. Babinet dagegen glaubt dieses Hygrometer durch vermehrte Feinheit der Messung verbessern zu können. Zu diesem Ende räth er an, die Scale, welche das Haar bei seiner Verlängerung und Verkürzung durchläuft, vermittelst einer Mikrometerschraube zu messen, wodurch er einen gewöhnlichen Grad in 5 Theile theilt. Das kleine Gewichtchen soll dann am Haare frei herabhängen, und sein jedesmaliger Ort vermittelst eines Mikrometerfadens gemessen werden[3]. Allein nach meiner Ansicht ist das Saussüre'sche Hygrometer fein genug construirt, und hierauf beruhen die Vorwürfe keineswegs, welche demselben mit Recht gemacht werden. Wenn Babinet ferner drei Haare statt eines einzigen wählt, um aus ihnen die mittlere Ausdehnung und Verkürzung zu erhalten, so wird dadurch zwar einerseits Unrichtigkeiten vorgebeugt, andrerseits aber ist die Ausdehnung durch Feuchtigkeit bei verschiedenen Haaren ungleich, daher die Messung schwierig, und das Instrument wird auſserdem hierdurch weit mühsamer zu construiren und kostbarer, ohne daſs man dennoch

---

1 Journ. de Phys. 1789. p. 58. Daraus in Gren J. d. Ph. I. 150.

2 Brugnatelli Giorn. Dec. II. T. III. p. 111.

3 Ann. de Chim. et de Ph. XXVI. 367. G. LXXVIII. 77.

über die Frage genügende Sicherheit erhält, welches unter den drei Haaren in seinen Angaben das richtigste ist. Die von Cagnazzi[1] vorgeschlagenen Verbesserungen dieses nämlichen Hygrometers betreffen bloſs die Construction desselben, welche deren eigentlich nicht bedarf, und es ist daher überflüssig, sie weiter zu berücksichtigen.

B. Hygrometer aus dem Pflanzenreiche.

Daſs gemeine hanfene Seile durch Feuchtigkeit verkürzt werden, ist eine so häufig vorkommende Erfahrung, daſs sie den Beobachtern nicht füglich entgehen konnte. Schon Leupold[2] und Wolf[3] erwähnen daher die hieraus verfertigten Hygrometer. Sie bestehen aus bloſsen hanfenen Schnüren, welche an einer Wand mit ihrem einen Ende befestigt werden, am andern, über eine leicht drehbare Rolle geschlungen, aber ein Gewicht mit einem Zeiger tragen. Dringt Feuchtigkeit in die Schnur, und verkürzt sie, so wird das Gewicht und der Zeiger gehoben, und eine lothrechte Scale giebt die Grade an, auf welche der Zeiger bei diesen verschiedenen Zuständen derselben zeigt. Um die Längendifferenz gröſser zu machen, zog man die Schnur auch über mehrere untere einander befindliche Rollen so, daſs die hiernach entstehenden Abtheilungen derselben einander parallel horizontal liefen, und daſs bloſs das eine Ende mit einem Gewichte und Zeiger beschwert war. An eine eigentliche Messung und Bestimmung fester Puncte ist bei einem solchen Apparate nicht zu denken. John Smeaton[4] schlug vor, man solle eine 35 Z. lange und etwa 0,05 Z. dicke hanfene Schnur in Salzwasser sieden, und dann eine Woche lang durch 1 bis 2 Pf. Gewicht ausdehnen, sie dann mit dem einen Ende an einem drehbaren Wirbel befestigen, mit dem andern an einem Zeiger, welcher mit 0,5 Pf. Gegengewicht beschwert sey. Der Zeiger sollte 12 Zoll Länge haben, und mit der Spitze über einem Gradbogen hinlaufen. An einem warmen und heiteren Tage brachte er dann die schon ausgetrocknete Schnur gegen ein Feuer, um ihr

1 Mémoires de l'Acad. des Sc. de Naples. T. I. part. 2. p. 43. Daraus in Férussac Bulletin. 1826. T. I. p. 204.

2 Theat. aerost. cap. VII. p. 288.

3 Nützliche Vers. T. II. S. 7.

4 Phil. Trans. LXI. 198.

öllig die Feuchtigkeit zu entziehen, nnd stellte dann den Zeiger urch Umdrehung des Wirbels auf 0, befeuchtete demnächst ie Schnur mit Wasser, bezeichnete den Stand des Zeigers mit 00, wodurch er eine dieser Schnur zugehörige Theilung erhielt. o sinnreich dieses Verfahren auch ist, so giebt es doch kein och in unseren Zeiten brauchbares Meſswerkzeug. Statt eines eiles wählte Dalencé einen bloſsen Papierstreifen [1], und sicher icht ohne Grund, denn das Papier ist eine vortreffliche hygro- ιopische Substanz. Ein solcher Streifen wird zwischen zwei iften ausgespannt, in der Mitte durch ein kleines Gewicht be- hwert, welches einen Zeiger trägt, und wenn dann das Papier ch durch Feuchtigkeit ausdehnt, so sinkt das Gewicht herab, nd der Zeiger deutet dieses auf einer Scale an.

Daſs die Holzarten, insbesondere die weichen, sehr hy- roskopisch sind, ist eine bekannte Erfahrung [2], und man hat sie aher auf verschiedene Weise zu Hygrometern verwandt. Hau- efeuille [3] verfertigte eine Tafel aus zwei dünnen tannenen retern in einen eichenen Rahmen gefaſst und an beiden Seiten efestigt. Wenn sich diese dann durch Feuchtigkeit ausdehn- n oder durch Trockniſs zusammengezogen, so bewegten sie n gezahntes Blech, welches eine kleine Welle mit einem Zei- er umtrieb, und auf diese Weise den Feuchtigkeitszustand der tmosphäre angab. Später hat Täuber [4] mehr Mühe auf die erbesserung dieses Apparates verwandt, als er verdient, Fer- uson aber wählte statt der gezahnten Stange und des Getriebes ne Schnur, welche um eine kleine Rolle geschlungen, und urch ein Gewicht straff gezogen einen langen Zeiger bewegte, n dadurch die kleinen Veränderungen der Ausdehnung mehr ı vergröſsern [5]. Eines ähnlichen Hygrometers bediente sich oniers [6] zu einer groſsen Reihe von Beobachtungen zur Aus- ittelung des hygroskopischen Verhaltens der Atmosphäre in

1 Traités des Baromètres, Therm. et Hygromètres. Amst. 1688. n Papierhygrometer wird auch durch John Coventry empfohlen. S. en Journ. V. 313.

2 Ausführliche Untersuchungen hierüber von Lampadius findet ın in dessen Beiträgen zur Atmosphärologie. S. 210. ff.

3 Pendule perpetuelle. Par. 1678. 4.

4 Acta Erud. Lips. 1687. p. 76.

5 Phil. Trans. Vol. LIV. art. 47. p. 259.

6 Phil. Trans. Nro. 480.

den verschiedenen Jahres- und Tages-Zeiten, und Arderoni empfiehlt es neben dem damals sehr gebräuchlichen aus Badeschwamm. Franklin schlägt minder zweckmäſsig einen Streifen Mahagoniholz, nach den Queerfibern geschnitten, vor[2]; allein diese Holzart ist weniger hygroskopisch, als das feinadrige und harzarme Tannenholz. Unter die Hygrometer aus Holz gehört endlich auch dasjenige, welches John Leslie[3] nach der Art des ersten von de Lüc angegebenen elfenbeinernen, aus Buchsbaumholz construirt, und dabei durch Vergleichung beider gefunden hat, daſs Buchsbaumholz sich doppelt so stark ausdehnt, als Elfenbein, weswegen jene Substanz vor dieser einen Vorzug verdiente, wenn nicht die Ausdehnung derselben noch unregelmäſsiger wäre. Nahe bei dem Puncte der gröſsten Feuchtigkeit fand er die Ausdehnungen mehr als zwanzigmal gröſser, als in der Nähe des Punctes der gröſsten Trockenheit.

Gräser, Grannen und ähnliche Pflanzentheile sind wiederholt zu Hygrometern vorgeschlagen. Der Pater Maignan scheint zuerst sich des Bartes oder der Granne des wilden Hafers (*avena fatua.* Lin.) bedient zu haben, welche sich durch Feuchtigkeit stark drehet[4]. Eine solche Granne befestigte er lothrecht im Boden einer kleinen Büchse, deren Deckel in Grade getheilt war, zog die Spitze durch die Mitte des Deckels und bog sie um, damit sie als Zeiger dienen mögte. Dr. Hook beschreibt und empfiehlt gleichfalls diesen Apparat[5]. Der Graf de la Guerrande erkannte zufällig die hygroskopische Eigenschaft des Meergrases (*fucus, alga marina*), hing davon einige am Feuer wohl getrocknete Streifen an eine Waagschale, tarirte sie und bezeichnete den Punct, auf welchem ein am Waagebalken befindlicher Zeiger stand, mit 0 als Punct der gröſsten Trockenheit. Wenn dann das Gras Feuchtigkeit anzog, und dadurch um einen Gran schwerer wurde, so bezeichnete er diesen Stand gleichfalls, und theilte die so erhaltenen Abstände in kleinere Theile[6]. Auf welche Weise, oder ob überhaupt der Punct der gröſsten Feuchtigkeit

1 Phil. Trans. XLIV. p. 185.
2 Trans. of the Amer. Soc. of Philad. Lond. 1786. T. II.
3 Kurzer Bericht. u. s. w. p. 106.
4 Dalencé Traité des Thermom. cet. Amst. 1688.
5 Micrographia p. 150.
6 Lichtenb. Mag. III. St. 2. S. 159.

;efunden sey, wird nicht angegeben. Bjerkander[1] empfiehlt die ;etrocknete *Carlina vulgaris*, andere geben den gewundenen Spit-en der Geranien und Pelargonien den Vorzug, wie denn nament-ich Barbosa die Spitze des *geranium moschatum* und *malacoides* azu in Vorschlag bringt;[2] Adie, bekannt durch die Erfindung des ympiezometer, giebt die innere Haut von *arundo phragmites*, uf gleiche Weise aptirt, wie der Federkiel durch Chiminello nd Retzius, als die vorzüglichste hygrometrische Substanz n[3], Poli findet einen bloſsen Hanffaden sehr dazu geeignet[4], ndere empfehlen *Andropogon contortus* Lin. als eine höchst mpfindliche hygroskopische Substanz[5].

Auſser den hier angegebenen giebt es ohne Zweifel noch ine Menge vegetabilische Substanzen, welche durch höhere euchtigkeit der Atmosphäre gewisse Veränderungen erleiden, ınd deren man leicht mehrere auffinden könnte, wenn es sich ler Mühe lohnte, sie aufzusuchen[6]. Unter andern giebt der risch gemahlene Caffee meistens sichere Zeichen bevorstehen-en Regens. Indem er nämlich die Feuchtigkeit begierig an-ieht, hängt er sich gern an die Wände der Kasten in den Müh-:n an, wenn er eine Menge derselben aus der Atmosphäre rhält.

C. Hygrometer aus dem Mineralreiche.

Unter die ältesten Hygrometer gehören diejenigen, bei denen die ygroskopische Substanz aus dem Mineralreiche genommen wurde, nd bei denen die Vermehrung des Gewichtes durch aufgesogenes tmosphärisches Wasser als Maſs der Feuchtigkeit diente. Vorzugs-eise bediente man sich eines Badeschwammes, tränkte diesen in iner Salmiakauflösung[7], hing ihn wohl getrocknet an einen Waage-

1 Neue Schwed. Abhand. T. III.

2 Memorias da Academia Real das Sciencias de Lisboa. 1780 — 3. 4. I. Nro. 10.

3 Edinb. Phil. Journ. N. 1. 32.

4 Elementi di Fisica sperimentale. Venezia 1817. V Vol. 8. III. 88.

5 Asiat. Reas. T. IX. N. II. et IX.

6 Dahin gehört unter andern die getrocknete *Carlina vulgaris* ch Clas Bjerkander in Neue Schwed. Abh. Bd. III.

7 Daſs hierbei der Salmiak die eigentliche hygroskopische Sub-

balken, und stellte das Gleichgewicht durch ein aufgelegtes Gegengewicht her, wodurch der Punct der gröſsten Trockenheit erhalten wurde. Je gröſser dann der Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre war, desto mehr betrug das Gewicht des Schwammes, welches durch die Bewegung eines Zeigers angegeben wurde[1]. Arderon verbesserte die ursprüngliche einfache Einrichtung desselben, indem er das eine Ende des Waagebalkens bis 1,5 F. verlängerte, und in eine sehr feine Spitze auslaufen lieſs, welche auf einem getheilten Bogenstücke die Grade der Feuchtigkeit und Trockenheit angab. Der am kürzeren Ende des Waagebalkens hängende Schwamm wurde durch eine von der Mitte des längeren Armes herabhängende feine seidene mit vielen kleinen Gewichttheilchen in gleichem Abstande beschwerte Schnur im Gleichgewichte gehalten, deren unteres Ende auf einem kleinen Tischchen ruhete. So wie der Schwamm durch Feuchtigkeit schwerer wurde, hob er einen gröſseren Theil der Schnur in die Höhe, und dadurch wurde der Gang des Zeigers regelmäſsiger[2]. Burkhard hing statt dessen einen im Centro beweglichen Quadranten so auf, daſs der eine Radius desselben horizontal, der andere lothrecht war. An dem ersteren, etwas vom Mittelpuncte entfernt, war der Schwamm so befestigt, daſs der ihn tragende Faden auf 0 der Theilung des Quadranten für den Punct der gröſsten Trockenheit zeigte. So wie aber der Salmiak des Schwammes Feuchtigkeit aufsog und letzterer dadurch schwerer wurde, zog er den Quadranten herab, und der Faden zeigte auf der Theilung die zugehörigen Grade[3]. Hales und Desagüliers wählten statt des Waagebalkens einen auf zwei sehr feinen Spitzen leicht drehbaren Cylinder mit einem nach Art der Schnecke in den Taschenuhren schneckenförmig eingeschnittenen Kegel. Um das cylindrische Ende des Apparates war der Faden gewunden, welcher den Schwamm trug, um den schneckenför-

stanz; der Schwamm aber nur der Träger derselben sey, versteht sich von selbst.

1 Von diesen Hygrometern reden fast alle älteste Beschreibungen meteorologischer Werkzeuge, ohne den ersten Erfinder desselben anzugeben. Vermuthlich ist es durch Otto v. Guericke aus seinem Manometer gebildet, denn R. Boyle kannte dasselbe schon. S. Phil. Trans. VIII. 613.

2 Phil. Trans. XLIV. 96. u. 169.

3 Ann. of Phil. VII. 479.

migen Theil aber ein Faden mit einem Gegengewichte. So wie dann der Schwamm an Gewicht zu- oder abnimmt, drehet der Faden desselben den Cylinder, der Faden des Gegengewichtes aber wird auf- und abgewickelt, und wirkt bei der Schnecke auf einen veränderlich langen Hebelarm, wobei das Gewicht zugleich an einer Scale durch seine gröſsere oder geringere Tiefe den Grad der Feuchtigkeit andeutet[1].

Desagüliers schlägt vor, statt des in Salmiak getränkten Schwammes bei dem auf die angegebene Weise construirten Hygrometer lieber ein kleines Schälchen mit irgend einem Salze oder Pottasche zu wählen. Als die beste hygroskopische Substanz betrachtet Lampadius[2] das Kochsalz, namentlich wenn dasselbe einen geringen Antheil salzsaurer Kalk und Thonerde beigemischt enthält. Von diesem wird eine Quantität in der Wärme völlig getrocknet, fein pulverisirt, und dann werden 100 Grane desselben in der einen Schale einer feinen Waage durch eine gleiche Menge Gewichttheilchen ins Gleichgewicht gebracht. Zieht das Salz Feuchtigkeit aus der Atmosphäre an, so sinkt die Wagschaale desselben, und die Menge des atmosphärischen Wasserdampfes wird durch zugelegte Gewichte oder durch den Ausschlag, welchen die Zunge des Waagebalkens zeigt, gemessen. Ein diesem ähnliches Hygrometer bringt Grotthuss[3] in Vorschlag, nämlich schwefelsaures Kali, welches gleichfalls die Feuchtigkeit aus der Atmosphäre anzieht, und die aufgenommene Menge derselben durch sein vermehrtes Gewicht anzeigt; dagegen giebt Nicholson[4] der Schmalte (*Royal Smalt*) den Vorzug vor den Alkalien und Salzen, weil sie die Feuchtigkeit minder begierig, als jene zu thun pflegen, aufnimmt. Viele Untersuchungen über die Hygrometer aus Alkalien und Salzen hat Senebier[5] angestellt, und sie zwar alle sehr geeignet für hygrometrische Bestimmungen gefunden, im Ganzen aber räumt er dem Weinsteinsalze den Vorzug vor andern Salzen und rücksichtlich der regelmäſsigen Gewichtsvermehrung selbst vor den anderweitig ihm bekannten Hygrometern

1 Desagüliers Exper. Philos. II. p. 300.
2 Beiträge zur Atmosphärologie. Freyberg. 1817. S. 29.
3 Allgem. Nord. Annalen. VIII. S. 217.
4 S. dessen Journ. of Nat. Phil. VIII. p. 85.
5 Journ. de Phys. 1778. T. I. p. 421.

ein. Gould[1] bemerkte die auſserordentliche Kraft, womit das Vitriolöl die Feuchtigkeit aus der Atmosphäre aufnimmt, und hing daher eine Quantität desselben in einem gläsernen Schälchen an einem empfindlichen Waagebalken auf. Der andere Arm des Waagebalkens wurde mit einem Gegengewichte balancirt und in eine lange Spitze verlängert, welche über einem getheilten Bogenstücke hinlief, und auf demselben die Grade der Feuchtigkeit angab. Statt des Vitriolöls empfiehlt Gould auch Weinsteinöl oder Salpetersäure, allein es leidet keinen Zweifel, daſs ersteres ungleich besser ist. Noch 1819 hat Livingstone in Canton ein solches Hygrometer gebraucht, und eben so genau als empfindlich gefunden. Das Schälchen an dem einen Arme des Waagebalkens enthielt 21 Gr. concentrirte Schwefelsäure von 1,845 spec. Gew. und 29 Gr. Wasser, welche Mischung in sehr feuchter Luft um ihr ganzes Gewicht vermehrt wurde. Die Scale, welche die Zunge des Waagebalkens durchlief, war für jeden Gran in 20 Theile getheilt, und hatte im Ganzen also 1000 Theile[2].

Unter die bekanntesten Hygrometer gehört das von Tobias Lowitz angegebene[3]. Dieser fand an den Ufern der Wolga eine Art dünne bläuliche Schiefersteine, welche die Feuchtigkeit begierig aufnahmen, dann aber leicht wieder abgaben. Ein Täfelchen dieses Thonschiefers wog nach dem Glühen 175 Gran, getränkt mit Wasser 247 Gr., hatte also 72 Gr. Wasser oder mehr als $\frac{1}{2,5}$ seines Totalgewichtes aufgenommen. Einen solchen Stein hing der ältere Lowitz an den einen Arm eines empfindlichen Waagebalkens, und brachte ihn mit einer silbernen Kette am andern ins Gleichgewicht, deren Ende an einem Schieber befestigt war, welcher in einem Falze an einem Brette die

1 Phil. Trans. Nro. 156. Acta Erud. Lips. 1685. p. 315.

2 Edinb. Phil. Journ. N. I. p. 116.

3 Götting. Mag. III. Jahrg. St. 4. Nro. 2. Inochodzow behauptet, er sey der eigentliche Erfinder des Lowitz'schen Hygrometers, weil er schon früher diesen Stein zu Dmietriewsk an der Wolga gefunden, den Unterschied seines Gewichtes nach dem Glühen und dem Befeuchten entdeckt, und ihn daher an einer Waage aufgehangen habe, um vermittelst der Differenz des Gewichtes den Feuchtigkeitszustand der Luft zu messen. S. Acta Acad. Pet. II. P. 2. p. 193. vom Jahr 1778.

Zunahmen des Gewichtes von 10 zu 10 Granen zeigte, wodurch die Waage einen Ausschlag erhielt. Wenn dann der Stein durch die Feuchtigkeit der Atmosphäre schwerer wurde, so zeigte der Schieber dieses an, indem man ihn dahin stellte, wohin der Ausschlag des Waagebalkens es forderte. Lowitz fand auf diese Weise, daſs der Stein bei sehr feuchtem Wetter 55 Gran, bei sehr trockenem nur 1,5 Gr. Feuchtigkeit zeigte. Auſser andern Schwierigkeiten steht aber der Anwendung dieses Hygrometers noch die Seltenheit des Steines entgegen, und auſserdem theilt es den gemeinschaftlichen Fehler fast aller, nämlich daſs der Stein allmälich seine hygroskopische Eigenschaft verliert. Man hat anstatt dieses Astrachan'schen Schiefers auch das Weltauge oder den Hydrophan empfohlen[1], eine Art Opal, welche die Feuchtigkeit begierig aufsaugt; Lüdicke aber hat eine Verbesserung des Waagebalkens in Vorschlag gebracht, um die Vermehrungen des Gewichtes mit gröſserer Regelmäſsigkeit messen zu können, und dieses Hygrometer mit dem Haarhygrometer vergleichbar zu machen[2]. Hochheimer wandte gegen den Lowitz'schen Schiefer ein, daſs er die angenommene Feuchtigkeit nicht gern abgebe, und schlug daher eine matt geschliffene Glastafel statt desselben vor[3]. Diese soll man mit Asche ganz trocken reiben, und den Standpunct der Zunge einer Schnellwaage mit 0 bezeichnen, auf welchen diese zeigt, wenn die Glastafel mit einem Bleigewichte am andern Ende ins Gleichgewicht gebracht ist, dann die Tafel ins Wasser tauchen, durch Schleudern das anhängende Wasser entfernen, wieder an die Waage hängen, und den Stand des Zeigers als gröſste Feuchtigkeit bemerklich machen. Wird dann die Waage in ein Kästchen gesetzt, durch dessen Deckel die Zeigerspitze hervorragt, und sind an einem Gradbogen die Unterschiede der Feuchtigkeit bezeichnet, so hat man ein empfindliches Hygrometer. Gilbert[4] macht die Einwendung, daſs diese beiden Apparate zugleich als Manometer wirken müssen, und manche aus der Vergleichung mit dem Haarhygrometer hervorgehende Abweichungen hieraus erklärlich werden könnten; allein bei der geringen

---

1 Schreber im Naturforscher. Halle 1783. St. 19.

2 G. I. 297. ff.

3 Leipzig. Oekon. Hefte. B. VIII. Hft. 5. von 1798.

4 Ann. der Phys. I. 314.

Gröſse, wenigstens des Steines und seinem nicht ganz kleinen specifischen Gewichte, ist der aërostatische Einfluſs auf sein Gewicht, sofern es aus der veränderlichen Beschaffenheit der Atmosphäre hervorgeht, eine verschwindende Gröſse, wie Lüdicke durch Rechnung gezeigt hat[1]. Gegen die Anwendung der Glastafel macht ebenderselbe die Einwendung, daſs das Glas ein zu schlechter Wärmeleiter sey, und sich daher keine Feuchtigkeit anlege; allein bei den langsam vorgehenden Temperaturveränderungen versteht es sich wohl von selbst, daſs eine Glastafel zwar allmälig Staub aufnehmen wird, aber nie als Hygrometer dienen kann. Lüdicke bot zugleich von ihm selbst verfertigte hygrometrische Steine an, allein sie sind nie in Gebrauch gekommen[2].

Neuerdings hat de la Rive[3] abermals die Schwefelsäure als hygrometrische Substanz in Vorschlag gebracht, jedoch auf eine ganz verschiedene Weise, als dieses durch Gould geschehen ist. Man soll nämlich eine feine Thermometerkugel in concentrirte Schwefelsäure tauchen, so daſs ein dünner Ueberzug derselben daran hängen bleibt, und sie dann in die freie Luft halten. Da die Schwefelsäure sehr begierig Wasser anzieht, und sich durch Verbindung mit demselben erhitzt, so läſst sich aus der Temperaturerhöhung auf den Grad der Feuchtigkeit in der Atmosphäre schlieſsen. Das Princip ist allerdings richtig und sinnreich ausgedacht, allein das Verfahren ist zu sehr zusammengesetzt, wie de la Rive selbst zugesteht, als daſs vergleichbare Instrumente auf diese Weise zu erhalten wären, weil namentlich eine groſse Schwierigkeit der Bestimmung in dem Grade der Concentration der Schwefelsäure liegt, wonach sie leichter und schneller die Feuchtigkeit aufnimmt.

D. Hygrometer durch Verdunstung und Niederschlag.

Wenn der Abbé Mann vorschlug, die Feuchtigkeit der Luft durch die verminderte Wirkung der Elektrisirmaschine zu messen[4],

1 G. II. 73.
2 Vergl. ebend. V. 79.
3 Bibl. univ. XXVIII. 285.
4 Comment. Acad. Theod. Pal. Vol. VI. Phys. Manh. 1790. 4. Nr. 4

er Gedanke historisch erwähnt werden, allein daſs keinem eigentlichen, vielweniger einem brauchbaren uge führe, bedarf kaum gesagt zu werden.

ige Princip, worauf die neuesten eigentlichen Hy- gründet sind, ist schon früh als solches aufgestellt, urfte nur einer zweckmäſsigen Anwendung in einem hergestellten Apparate, um durch diesen die wirkliche u erhalten. Zuerst nahmen die Mitglieder der *a del Cimento* ein konisches Gefäſs von Glas, füllten Schnee oder geschabtem Eise, hingen es mit der Spitze gekehrt auf, worauf die atmosphärische Feuchtigkeit end einer gleichen Zeitdauer in ungleicher Menge dar- schlug, und als Wasser herablief, aus dessen Menge Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre bestimmt werden Fontana dagegen erkältete eine reine und völlig ge- Glastafel bis auf eine gewisse Normaltemperatur, setzte eine bestimmte Zeit der Luft aus, und bestimmte den keitszustand von dieser durch die Gewichtszunahme der rirten Tafel[2]; ein Verfahren, welches vor jenem ur- h vorgeschlagenen keineswegs einen Vorzug verdient. zweckmäſsiger verfuhr le Roy[3]. Dieser erkältete ein t Wasser von der Temperatur der äuſsern Luft durch gossenes eiskaltes so lange, bis die Oberfläche des Gla- h niedergeschlagenen Wasserdunst etwas getrübt wurde, loſs aus der Temperatur, welche das enthaltene Wasser eigte, auf die Menge der atmosphärischen Feuchtigkeit. es Verfahren gleich unvollkommen, so hat es doch offen- neueren Hygrometrie den richtigen Weg gezeigt.

ne unmittelbare Anwendung dieses durch le Roy ange- n hygrometrischen Princips machte Berzelius, indem er pfindliches Thermometer mit einem ovalen Gefäſse von m Stahle in Berührung mit einem Glase setzte, worin sich altmachende Mischung befand, und denjenigen Thermo- grad beobachtete, bei welchem der feinste wässerige Ue-

Tentamina Experim. nat. cet. ed. P. van Musschenbroek. L. B. 4.

2 Saggio del Real Gabinetto di Firenze. p. 19.

3 Mém. de l'Acad. de Paris. 1751.

berzug die polirte Thermometerkugel zu überziehen anfing[1]. Indeſs ist es schwierig und kostbar, ein solches Thermometer zu verfertigen; der Stahl unterliegt der Gefahr des Rostens, und die ganze Methode ist sehr zusammengesetzt. Ungleich bequemer ist dagegen das durch DANIELL vorgeschlagene Hygrometer, welches daher auch nach langem Streben ein braucbheres Instrument dieser Art zu besitzen, mit sehr groſsem Beifalle aufgenommen wurde. Der Erfinder erzählt selbst[2], durch welche Ueberlegungen er zur Construction dieses Instruments gekommen sey, wobei namentlich WOLLASTON's Kryophorus und DALTON's Verfahren einen feuchten Niederschlag auf der Auſsenseite erkälteter Gefäſse zu erzeugen[3] geleitet habe, die früheren Versuche der *Academia del Cimento* und LE ROY's aber erst später bekannt geworden seyen[4].

Nach manchen vergeblichen Versuchen construirte DANIELL sein Hygrometer auf folgende Weise. Auf einem hölzernen
Fig. 140. Fuſsgestelle ist eine vierkantige, in der Mitte aufgeschlitzte Säule g h aufgerichtet, welche oben eine messingene Fassung i zum Festhalten der gläsernen Röhre trägt. In der Mitte dieser Säule ist das Thermometer k l mit einer elfenbeinenen transparenten Scale befestigt, welches die Temperatur der Luft anzuzeigen dient. Den Haupttheil des Instrumentes bilden die beiden durch eine Röhre verbundenen Glaskugeln a und b. In dem etwas längeren Schenkel der zur Kugel b führenden Glasröhre ist das kleine Thermometer d e mit einer gleichfalls transparenten Scale befestigt, dessen Kugel in die Naphtha herabreicht, womit die Kugel b zum Theil gefüllt ist. Die Kugel a läuft in die feine Spitze f aus, durch welche die Dämpfe des erhitzten Schwefeläthers entweichen können. Ist nämlich das Instrument so weit vorgerichtet, und die Kugel b etwa zur Hälfte mit Schwefeläther gefüllt, so wird letzterer zum Sieden gebracht, die Kugel a zugleich über den Siedepunct der Flüssigkeit erhitzt, und wenn

1 Afhandl. i Fysik, Kemi cet. II. 85. Tillochs Phil. Mag. 1802. Jan. p. 39.

2 Quarterly Journ. of Science. 1820. Jan. Daraus in Gilb. Ann. LXV. 169. Meteorological Essays and Observations. By J. Fred. Daniell, F. R. S. Lond. 1823. 8. p. 139. ff.

3 Memoirs of the Phil. Soc. of Manchester. Vol. V. p. 86.

4 Die Versuche, welche FONTANA und BERZELIUS angegeben haben, scheint DANIELL auch später nicht gekannt zu haben.

uft aus beiden Kugeln und der Verbindungsröhre
etherdampf entfernt ist, so wird die Spitze f an der
schmolzen, die Kugel a mit einer Lage Musselin
und das Instrument ist fertig. Beim Gebrauche des-
nt man sich eines kleinen Fläschchens mit Schwefel-
t davon einige Tropfen auf den Musselin der Kugel
n in dieser eine bedeutende Kälte erzeugt wird, und
dann sich mit den Dämpfen des Aethers in der Ku-
letztere aber hierdurch bedeutend erkältet wird, so
man den Augenblick, in welchem sich der erste Nie-
us der Feuchtigkeit der Luft auf dieser Kugel zeigt,
en Stand des in dieser eingeschlossenen Thermometers,
auf diese Weise die Temperatur des Thaupunctes so
ich den Abstand desselben von der Temperatur der
durch dann der Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre
st. Daniell nimmt nämlich an, daſs der in der atmo-
en Luft enthaltene Wasserdampf den durch die Tempe-
ingten Punct seiner gröſsten Dichtigkeit bei demjenigen
netergrade habe, bei welchem die ersten Spuren des
hlags sich zeigen, und da diese Temperatur durch das
ugel b befindliche Thermometer angegeben wird, so
hierdurch unmittelbar die gesuchte Bestimmung, und
erenz beider Thermometer zeigt zugleich, wie weit die
atur herabgehen müſste, um einen Niederschlag aus der
häre zu bewirken, also zugleich auch hierdurch den
gkeitszustand.

niell ward bald inne, daſs die Wahrnehmung des fein-
ederschlages auf dem transparenten Glase sehr schwierig
d da das in der Kugel b eingeschlossene Thermometer
den hohen Grad der Verdunstungskälte sehr schnell sinkt,
d dadurch die Beobachtung des eigentlichen Thaupunctes
rig und das ganze Instrument unsicher; er suchte daher
geln aus Metall zu erhalten, dessen Politur eine ungleich
lere und sicherere Wahrnehmung des feinsten wässerigen
zuges gestattet. Zu diesem Ende behielt er das Gestell Fig.
lieſs aber die Kugeln und die Verbindungsröhre von sehr 141.
em Messingblech verfertigen, das Thermometer de vermit-
einer messingenen Fassung in die Kugel b einsenken, die
l a mit einer feinen Röhre aus Platin versehen, in welche
Glasröhre f eingeschmolzen war, und diese wurde alsdann

zugeschmolzen, nachdem der Apparat auf die angegebene Weise luftleer gemacht war. Solche Hygrometer verfertigte der englische Künstler Newman, und es läſst sich nicht in Abrede stellen, daſs der feinste wässerige Niederschlag auf einer polirten Metallfläche ungleich leichter sichtbar wird, als auf Glase; allein daſs man nicht sehen kann, wie weit die Kugel b mit Naphtha gefüllt ist, und ob die Kugel des Thermometers, welches übrigens bei dieser Vorrichtung eine längere Scale gestattet, wirklich in den Schwefeläther eingetaucht ist, steht allerdings der Brauchbarkeit des Apparates im Wege. Obgleich ich übrigens nicht zweifle, daſs solche Hygrometer von geübten Künstlern verfertigt werden könnten, und einige mir auch erklärten, daſs sie dieses Problem zu lösen gern bereit seyen, so haben doch die Berliner Mechaniker die Ausführung für unthunlich erklärt[1] und ich glaube immer, daſs die Verbindung des Glasröhrchens mit einem Platinaröhrchen sehr groſsen Schwierigkeiten unterliegt. Man darf es daher als eine groſse Verbesserung betrachten, daſs der jüngere Greiner in Berlin das anfängliche Hygrometer auf eine solche Weise einrichtet, daſs dasselbe ohne Rücksicht auf die Einwendungen gegen das Princip im Allgemeinen nichts zu wünschen übrig läſst, hauptsächlich wenn man zugleich die äuſsere Eleganz und die vollkommene Uebereinstimmung beider Thermometer mit in Anschlag bringt. Die Verbes-
Fig. 140. serung besteht darin, daſs die Kugel d des kleinen Thermometers gerade bis in die Mitte der Kugel b und bis zu ihrer Hälfte in die darin eingeschlossene Naphtha hinabreicht, die Kugel b selbst aber auswärts in ihrer Mitte mit einer 1,5 Lin. breiten Zone des feinst polirten Goldes umgeben ist. Indem sonach der Schwefeläther an seiner Oberfläche am stärksten verdunstet, und hier am kältesten wird, so theilt er seine Temperatur zugleich der Thermometerkugel und der Mitte der vergoldeten Zone mit, auf welcher der feinste Niederschlag dann sogleich sichtbar wird. Hierdurch ist also das hygrometrische Princip in gröſster Vollkommenheit ausgeführt, in wie fern dasselbe indeſs Anwendung verdient, wird späterhin unter der Theorie gewürdigt werden.

Man hat seitdem das Daniell'sche Hygrometer wegen seines hohen Preises[2] zu vereinfachen gesucht. Dahin gehört haupt-

1 G. LXVIII. 72.

2 Es kostet bei Greiner in Berlin 10 Rthlr. pr. Cour., welches bei der Schönheit des Instruments mir nicht zu viel zu seyn scheint.

ichlich ein sinnreicher Vorschlag von Döbereiner[1]. Dieser immt ein kleines cylindrisches Gefäſs von dünnem Messingblech , füllt in dasselbe etwas Aether, und schraubt die Oeffnung it einem Deckel b zu, durch dessen Mitte ein feines Thermoeter so herabgelassen ist, daſs seine Kugel von dem Aether umeben wird. Eine feine Röhre a ist in diesem Gefäſse am Rande esselben bis auf den Boden herabgesenkt, und mit vielen kleien Löchelchen versehen, damit die aus diesen dringende Luft urch die Flüssigkeit aufsteigt, und mit Aetherdampf gesättigt is der Röhre c entweichen kann. Eine lothrecht herabgeende Röhre, welche zugleich als Träger des Thermometers g dient, verbindet diesen Apparat mit einer Vorrichtung zum nschrauben an den Tisch und mit einer Compressionspumpe , deren Embolus ein Blasenventil hat, welches sich beim Aufiehen öffnet, beim Niederdrücken schliesst, während ein aneres Blasenventil in der Röhre den Rückgang der hineingetrieenen Luft hindert. Wird die Pumpe in Bewegung gesetzt, so römt Luft durch den Aether, kühlt ihn vermöge der bewirkten erdampfung bedeutend ab, und der Cylinder zeigt den feinen iederschlag der atmosphärischen Feuchtigkeit so viel sicherer, eil man die Verdampfung durch langsamere Zuführung der uft verzögern kann. Vergleichbare Versuche mit diesem und nem ächten Greiner'schen entschieden zum Vortheil des erste-n, und da man dieses bequemer in ein Futteral packen, und ıne Gefahr der Beschädigung leicht transportiren kann, so verıente es eine vorzügliche Empfehlung, wenn nicht gegen diese attung von Hygrometern überhaupt gegründete Einwendungen emacht werden könnten. Noch einfacher ist das durch Köraer[2] vorgeschlagene Instrument. Dieses besteht aus einem oſsen Thermometer mit aufwärts gebogener und oben wieder ertiefter Kugel a, in welche etwas Baumwolle gelegt und diese it einigen Tropfen Schwefeläther befeuchtet wird. Schon die oſse Verdampfung dieser äuſserst flüchtigen Substanz erkältet e Kugel beträchtlich, noch mehr aber geschieht dieses, wenn an Luft vermittelst eines Löthrohrs gegen die Baumwolle bläst, ; ist dann nicht schwer, die Thermometerkugel so weit zu erlten, daſs sich der Niederschlag des atmosphärischen Dunstes

Fig. 142.

Fig. 143.

1 G. LXX. 136.

2 Ebend. p. 139.

auf ihrer Oberfläche zeigt, und überhaupt läſst sich bei den beiden letztgenannten Instrumenten die Temperatur leicht weit unter den Eispunct herabbringen, jedoch wird an dem Körner'schen der feine Niederschlag bei weitem nicht so sicher auf der Glasfläche wahrgenommen, als auf einer polirten Metallfläche[1]. Es ist daher ein nicht verwerflicher Vorschlag, welchen v. Bohnenberger[2] zur Herstellung eines sehr einfachen Hygrometers gethan hat, nämlich die Kugel eines empfindlichen Thermometers mit einer Lage Musselin zu überziehen, und über diese einen dünnen gläsernen, auswärts vergoldeten Cylinder zu schieben, dessen Höhe 1,5 seines Durchmessers beträgt. Damit letzterer keine Risse bekommt, thut man wohl, die Mitte der Kugel mit einigen Lagen Musselin zu umgeben, ehe man sie in den Cylinder schiebt. Für den Gebrauch gieſst man einige Tropfen Aether oben in den Cylinder, dessen Verdunstung Kälte, und letztere einen Niederschlag auf der Mitte des vergoldeten Cylinders erzeugt. Beim Eingieſsen des Aethers ist indeſs Vorsicht nöthig, damit die vergoldete Oberfläche nicht benetzt werde, weil sich sonst der Dunst nicht ansetzt. Vergleichbare Versuche gaben mit dem Daniell'schen Hygrometer nahe übereinstimmende Resultate[3].

Nicht bloſs in Deutschland, sondern auch in Groſsbritannien hat man das Daniell'sche Hygrometer in mehrfach veränderter Form dargestellt. Insbesondere ist dieses durch Thomas Jones geschehen[4], welcher genau so wie Körner die Kugel eines Thermometers in die Höhe zu biegen und mit Aether zu erkälten vorschlug, bis sich der Wasserdunst aus der Atmosphäre daran niederschlüge; inzwischen hat Daniell selbst wegen eines feinen Ueberzuges von Aether, welcher sich der Oberfläche der

1 Körner versichert a. a. O., daſs er die Kugeln der Daniell'schen Hygrometer auch aus Metall verfertige, allein solche sind mir noch nicht zu Gesicht gekommen, und können wahrscheinlich mit den Greiner'schen die Concurrenz nicht aushalten.

2 Naturwissensch. Abhandl. II. 164.

3 Auch Körner verfertigt solche Hygrometer aus einem feinen Thermometer bestehend, auf dessen Kugel von unten herauf ein vergoldeter metallener Cylinder geschoben wird. Aus eigener Anschauung sind mir indeſs diese Apparate nicht bekannt.

4 Phil. Trans. 1826.

Kugel leicht mittheilt, dieses für unzweckmäſsig erklärt[1]. Brewster[2] giebt zwei auf ähnliche Weise construirte Hygrometer an. Das eine derselben besteht aus einem feinen Thermometer mit einem Ringe von Messing, welcher mit etwas Gummi um die Mitte derselben geklebt ist, und dazu dienen soll, daſs der auf die obere Hälfte der Kugel getröpfelte Aether nicht auf die untere herabläuft, und die Beobachtung des feinen Niederschlages auf der letzteren hindert. Man sieht bald, wie sehr das Aufgieſsen des Aethers durch die Thermometerröhre erschwert wird, und dieses zog also diejenige Abänderung des Apparates herbei, wonach die Kugel wieder in die Höhe gebogen ist, der Aether von oben frei aufgetröpfelt wird, wegen des Ringes nicht herablaufen kann, der niedergeschlagene Dunst sich aber an dem unteren Theile der Kugel zeigt. Inzwischen ist es sehr schwer, auf gewöhnlichem Glase den feinsten Thau wahrzunehmen, und dieser Umstand veranlaſste die folgende Verbesserung dieses Hygrometers. Fig. 144. Fig. 145.

Das neueste Hygrometer, auf das nämliche Princip gegründet, ist von Thomas Jones[3] angegeben. Das Ganze, zum Gebrauche bequem eingerichtet, in einem Kästchen, worin sich zugleich eine kleine Flasche mit Aether befindet und ein einzuschraubender Draht, um den Apparat daran aufzustellen, besteht im Wesentlichen aus einem rechtwinklich gebogenen Thermometer, dessen Cylinder oben etwas erweitert und mit einer wenig gebogenen schwarzen Wölbung versehen ist. Um den unteren Theil des Cylinders ist ein Ueberzug von Seide oder Musselin befestigt. Hat man also den Apparat so aufgestellt, wie die Figur ihn zeigt, so giebt derselbe, als bloſses Thermometer, die Temperatur der Luft an; es wird dann aus dem, im Kästchen liegenden Gläschen etwas Aether auf den Ueberzug getröpfelt, und während dessen Verdunstung die Temperatur des Thermometers herabbringt, schlägt sich die Feuchtigkeit der Atmosphäre auf der oberen schwarzen Oberfläche nieder, und der Stand des Thermometers im ersten Augenblicke, wenn dieses geschieht, giebt den Thaupunct an. Jones gesteht selbst, daſs er diese Construction aus einer ihm mitgetheilten Nachricht, Fig. 146.

1 Journ. of Sc. and arts. N. XLII. 320.
2 Edinb. Journ. of Sc. N. VII. p. 127.
3 Phil. Trans. 1827. II. 53.

eines ähnlichen, durch Baumgartner angegebenen Apparates entnommen habe. Inzwischen scheint mir dieses sehr brauchbare und bei hinlänglicher Feinheit des Thermometers höchst empfindliche Hygrometer noch zwei wesentliche Verbesserungen zu bedürfen. Zuerst nämlich ist die obere Platte aus schwarzem Glase schwer anzubringen, indem die ungleichen verbundenen Glassorten leicht beim Auskochen des Thermometers zerspringen, welches ohnehin bei der doppelten Biegung schwierig ist, und es würde daher besser seyn, diese, wie bei Daniell's Hygrometer, von gewöhnlichem Glase zu verfertigen und zu vergolden, da man ohnehin auf dem polirten Golde den feinsten wässerigen Niederschlag sogleich wahrnimmt. Zweitens aber ist es nicht zweckmäſsig, daſs die gewölbte Platte, auf welcher man den feinsten Niederschlag aus der Atmosphäre beobachten will, von dem hohlen Cylinder des aufsteigenden Aetherdampfes ganz umgeben ist. Ungleich besser würde es daher seyn, das Thermometer nur einmal rechtwinklich zu biegen, so daſs man den Aether von oben auf den mit Musselin umgebenen Cylinder tröpfeln, und den wässerigen Niederschlag von der Seite auf der vergoldeten Oberfläche beobachten könnte. Ohnehin scheint es mir sehr schwierig, den Aether bei aufrechtstehendem Cylinder an den Musselin zu bringen, ohne zugleich die schwarze Oberfläche damit zu benetzen, in welchem Falle aber die Beobachtung des Niederschlages sehr erschwert oder ganz unmöglich gemacht würde.

Dem nach Döbereiner's Angabe verfertigten Hygrometer ähnlich, aber an Brauchbarkeit ihm nachstehend, ist dasjenige, welches Cumming[1] in Vorschlag bringt. Dieses besteht aus einer cylindrischen Glasröhre, an welcher oben und unten eine Fortsetzung von polirtem Messing angekittet ist. In dieser befindet sich ein feines Thermometer so, daſs die Scale durch die Glasröhre abgelesen werden kann, die Kugel aber mit Badeschwamm oder einer andern lockeren Substanz umgeben ist. Auf diese wird Schwefeläther, Alkohol oder eine andere sehr flüchtige Substanz gegossen, und wenn dann oben eine Verbindung mit irgend einem luftleeren Raume hergestellt ist, in welchen der Dampf begierig eindringt, so erzeugt dieses Kälte im Cylinder

1 Quarterly Journ. of Sc. Lit. and Art. N. Ser. N. VI. p. 402.

und hierdurch einen Niederschlag auf der metallenen Oberfläche desselben.

Bei den bisher beschriebenen, auf das Princip der durch Verdampfung erzeugten Kälte gegründeten Hygrometern wird ein Körper so weit erkältet, bis er den in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdampf als wässerigen Niederschlag auf seiner Oberfläche zeigt; es giebt aber noch eine zweite Classe solcher Apparate, bei denen man vielmehr aus dem durch die Atmosphäre aufgenommenen Wasserdampfe auf die Menge der darin schon vorhandenen Feuchtigkeit schlieſst. August hat dieses Problem im weitesten Umfange behandelt, und ein höchst zweckmäſsig eingerichtetes Werkzeug ausführen lassen, welchem er den Namen *Psychrometer* gab, weswegen dieser auch künftig beibehalten werden mag.

Das erste, seit geraumer Zeit bekannte, Werkzeug dieser Art ist Leslie's Differenz- oder Differenzialthermometer[1], welches nach seiner vielseitigen Anwendung besondere Namen erhält, und für die hier zu untersuchende specielle Bestimmung auch Hygrometer genannt wird. Es war im Jahre 1799, als der Erfinder diesen höchst sinnreich construirten Apparat bekannt machte, welcher auch sofort mit ungetheiltem Beifalle aufgenommen wurde[2]. Bekanntlich besteht das Differenztalthermometer aus zwei durch eine gemeinschaftliche Röhre verbundenen Kugeln mit Luft oder Dampf gefüllt; bei einer ganz gleichen Temperatur beider Kugeln steht ein Tropfer einer gefärbten Flüssigkeit genau in der Mitte der verbindenden Röhre; wird dagegen die expansibele Flüssigkeit in einer derselben erwärmt oder erkältet, so bewegt sich die tropfbare Flüssigkeit in der Röhre, und bezeichnet ihren ungleichen Stand auf einer zum Messen dienenden Scale. Leslie empfiehlt gefärbte Schwefelsäure als Flüssigkeit zur Bezeichnung des ungleichen Standes in die verbindende Röhre zu bringen, allein nach meinen eigenen und fremden Erfahrungen werden die Apparate ungleich empfindlicher, wenn man etwas Alkohol oder Aether darin zum Sieden bringt, und nachdem alle Luft durch die Dämpfe ausgetrieben ist, von der Flüssigkeit aber nur noch wenige Tropfen vorhanden sind, die feine Spitze an der Lampe zuschmelzt. Man erhält

---

1 Dessen Beschreibung S. Th. II. S. 535.

2 Nicholson Journ. of Nat. Phil. III. 461. G. V. 235.

auf diese Weise ein sehr empfindliches Thermometer, welches die geringsten Veränderungen der Temparatur anzeigt, sobald eine der beiden Kugeln einseitig dadurch afficirt wird. Als Hygrometer oder Psychrometer dient dasselbe daher dann, wenn man die eine Kugel mit etwas Papier oder Musselin überzieht, und diese mit Wasser befeuchtet. Letzteres wird dann um so viel schneller in Wasserdampf verwandelt, je begieriger die Luft wegen ihrer Trockenheit denselben aufnimmt, und da die Wärme, welche das Wasser bei seiner Verwandlung in Dampf den mit ihm in Berührung befindlichen Körpern entzieht, der Menge des erzeugten Dampfes proportional ist, so kann man aus der erzeugten Kälte und dem veränderten Stande des Differenzialthermometers auf die Trockenheit der Atmosphäre schieſsen. Wenn es nun gleich wahr ist, daſs Leslie's Hygrometer die durch Verdunstung erzeugte Kälte wegen seiner groſsen Empfindlichkeit sehr bald anzeigt, und dabei verhältniſsmäſsig sehr groſse Räume durchläuft, daſs ferner der benetzten Kugel so viel mehr Wärme entzogen wird, je trockener die Luft ist, mithin aus der Gröſse der Differenz des Standes beider Thermometer mit Sicherheit auf eine geringe Menge in der Atmosphäre vorhandene Feuchtigkeit geschlossen werden kann, so ist es doch einerseits äuſserst schwierig, das Differenzialthermometer auf wirkliche Grade der Temperatur mit einiger Sicherheit so zu reduziren, daſs diese durch diejenigen Theile angegeben werden, welche auf seiner Scale den Unterschied der Temperatur beider Kugeln bezeichnen; ganz unmöglich aber ist es, mit demselben die eigentliche Temperatur zu messen. Indem aber die Dichtigkeit der Dämpfe eine bloſse Function der Wärme ist, so geht hieraus schon unmittelbar hervor, daſs das Differenzialthermometer, obgleich sehr geeignet, die kleinsten Unterschiede der Temperatur anzugeben, die Forderungen an ein Hygrometer keineswegs vollständig erfüllt. Auf den ersten Blick scheint es zwar, als könnte man diesem Mangel durch Verbindung desselben mit einem gemeinen Thermometer abhelfen, um durch dieses die absolute Temperatur zur Zeit der Beobachtung zu messen, allein theils steht der Anwendung dieses Hülfsmittels die angegebene Schwierigkeit, nämlich die Scale des Differenzialthermometers nach einer eigentlichen Thermometerscale zu theilen, als bedeutendes Hinderniſs entgegen, theils werden die Kugeln dieses Apparates leicht durch andere Bedingungen, als gerade durch

die künstlich erzeugte Verdunstung afficirt, namentlich durch den Einfluſs des Lichtes, so daſs es diesemnach für hygrometrische Messungen allezeit ein trügerisches Instrument bleiben wird. Manche haben dasselbe daher allerdings den übrigen, früher bekannten Hygrometern vorgezogen[1], allein Böckmann fand dasselbe nach einer langen Reihe sorgfältiger Beobachtungen unsicher[2], und eben daher ist es auch als eigentliches Hygrometer nie sehr in Aufnahme gekommen.

Die merkbare Mangelhaftigkeit des Leslie'schen Hygrometers führte schon Lüdicke auf einen Apparat, welcher nur seiner Unvollkommenheit wegen weniger beachtet wurde, übrigens aber auf das späterhin durch August so höchst zweckmäſsig ausgeführte Princip gegründet ist. Er wollte nämlich auf der nämlichen Scale zwei sehr feine Thermometer neben einander lothrecht herabhängend vereinigen, das eine unten umbiegen, um dessen Kugel unter die des andern zu bringen, jener ersteren Kugel von oben her eine Vertiefung geben, in diese einige Tropfen Wasser gieſsen, und aus der Kälte, welche dessen Verdunstung erzeugte, auf den Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre schlieſsen[3]. Es ist klar, daſs der Unterschied der Stände beider Thermometer die psychrometrische Differenz angeben muſste; allein schon die geringe Oberfläche des verdampfenden Wassers im Verhältniſs zu der Menge desselben und der Gröſse derjenigen Oberfläche der Kugel, welche von der Luft umgeben blieb, die Unbequemlichkeit des Eintröpfelns von Wasser in eine so geringe Vertiefung, das Auf- und Abschieben dieses Thermometers nebst seiner Scale, und die geringe Entfernung, in welcher dennoch beide Kugeln blieben; dieses und einige andere Ursachen erklären die geringe Aufmerksamkeit, welche diesem Vorschlage geschenkt wurde. Kaum etwas mehr beachtet, auf allen Fall nicht allgemein eingeführt, wurde ein ähnlicher durch Blackadder vorgeschlagener Apparat[4]. Dieser besteht aus zwei feinen, auf der nämlichen Scale befestigten Thermometern,

---

1 Unter andern Lüdicke in G. X. 110. vergl. Gilbert ebend. V. 235.

2 G. XV. 355.

3 G. X. 16.

4 Phil. Trans. of the Roy. Soc. of Edinb. T. X. Vergl. Edinb. New Phil. J. N. II. p. 238.

deren eins ohne weitere Vorrichtung die Temperatur der Atmosphäre angiebt, das andere aber einen Ueberzug von Musselin über seine Kugel hat, und hier durch stets aus einer Flasche durch einen Haarpinsel herabträufelndes Wasser feucht erhalten wird. Der Erfinder verband damit noch einen künstlichen Mechanismus, um dieses atmizomische Hygrometer (atmizomic hygrometer), wie er es nannte, zum selbstregistrirenden zu machen. Zu diesem Ende wählte er Weingeist zur thermometrischen Substanz, richtete die Thermometer lothrecht auf, so daſs die Kugeln oben standen, brachte in die Weingeistsäule im Thermometerröhrchen ein feines Glasstäbchen, welches sich bis an das Ende des Weingeistes herabsenkte; durch Adhäsion an diesen aber zurückgehalten und bei der Zusammenziehung der Flüssigkeit mit in die Höhe gehoben wurde, und verband damit einen Mechanismus, durch welchen die lothrechten Thermometer zu einer bestimmten Zeit horizontal gelegt wurden. Es muſste dann zugleich dafür gesorgt seyn, daſs sie von diesem Augenblicke an wohl einer höheren, aber nicht einer niedrigern Temperatur ausgesetzt wurden; dann blieben die Glasstäbchen an demjenigen Orte liegen, welchen sie beim Niederlegen eingenommen hatten, und bezeichneten auf diese Weise, das im trocknen Thermometer, die Temperatur der Luft zur Zeit des Niederlegens, das im befeuchteten die durch Verdampfung des Wassers erzeugte Kälte, der Unterschied beider die damals stattgefundene psychrometrische oder atmizomische Differenz.

Diese zuletzt beschriebene Abänderung eines übrigens ziemlich einfachen Apparates macht denselben offenbar zu sehr zusammengesetzt und zu künstlich, und dieses kann nicht vermieden werden, wenn namentlich die Bedingung, nämlich daſs nach dem Niederlegen keine niedrigere Temperatur auf die Thermometer wirken darf, erfüllt werden soll. Es scheint mir sonach, daſs man von dieser Erweiterung ein für allemal abstrahiren müsse, so angenehm es übrigens seyn würde, das Maximum des Feuchtigkeitszustandes während der Nacht, oder gar in verschiedenen Stunden der letzteren zu kennen. Aber auch hiervon abgesehen läſst das Instrument noch einiges zu wünschen übrig, und dieses liegt in der Art, wie die eine Thermometerkugel benetzt wird; denn daſs man statt der unsicheren Weingeistthermometer sehr genaue Quecksilberthermometer mit langen Scalen zur Beobachtung kleiner Temperaturunterschiede an-

wenden könne, dieses liegt so nahe bei der Sache, daſs es keiner besondern Vorschrift bedarf. Es scheint mir nämlich gar nicht erreichbar, aus einer umgestürzten Flasche durch einen Haarpinsel das Wasser so langsam abflieſsen zu lassen, daſs die Thermometerkugel sets naſs erhalten werde, ohne daſs sich Tropfen ansetzen sollten, welche zwar nach v. Bohnenberger[1] von nicht sehr bedeutendem Einflusse sind, aber dennoch der sicheren Feinheit des Instrumentes einigen Abbruch thun, und in dieser Hinsicht gebührt dem durch August construirten Apparate der Vorzug, welcher mit jenem gleichzeitig oder sogar früher erfunden wurde, so weit sich hierüber entscheiden läſst.

August[2] kam zu der Erfindung seines Instrumentes dadurch, daſs er zwei feine, zu einem Daniell'schen Hygrometer bestimmte Thermometer mit Fahrenheit'scher Scale dazu benutzen wollte, um die durch Verdunstung erzeugte Kälte zu messen; er hing sie deswegen, das eine frei, die Kugel des andern mit etwas Musselin umwickelt und mit Wasser benetzt, neben einander, und fand, daſs die Differenz beider gerade die Hälfte derjenigen betrug, welche Daniell's Hygrometer zeigte. Bei der Autorität, welche dieser letztere Apparat nicht mit Unrecht erlangt hat, vereinigte er daher zwei Thermometer, erdachte ein zweckmäſsiges Mittel, die Kugel des einen ohne Erzeugung herabflieſsender Tropfen stets feucht zu erhalten, und nannte den Apparat *Psychrometer*, unter welchem Namen er in vorzüglicher Güte durch Greiner jun. in Berlin für 15 preuſs. Thaler verfertigt wird. Zwei feine Thermometer A und B nach Réaum. Scale 30° über und 30° unter 0, jeden Grad wieder in 5 Theile getheilt, so daſs Zehntel füglich mit Sicherheit geschätzt werden können, hängen von einer messingenen Fassung herab, welche an einem hölzernen Gestelle befestigt ist. Die beiden Thermometer sind ausgezeichnet fein, die Röhre derselben ist eben so viel erweitert, daſs bei ihrer begrenzten Scale das Quecksilber bei stärkerer Ausdehnung sie nicht zerreiſst, und für den Transport werden sie, jedes in einem eigenen Futterale von Pappe aufbewahrt. Unten am Gestelle ist das gläserne Gefäſs C befestigt mit der aufwärtsgehenden etwas gekrümmten Glasröhre b, in welcher sich ein Badeschwamm befindet, um das Wasser aus dem Gefäſse der mit einer Lage Fig. 147.

1 Naturwissenschaftl. Abhandl. Th. II. Hft. 2.

2 G. LXXXI. 69.

Musselin bedeckten Kugel a zuzuführen und diese fortwährend feucht zu erhalten. Die Oeffnung c endlich dient zum Nachgieſsen des allmälig verbrauchten Wassers. Daſs auf diese Weise durch das eine Thermometer die Temperatur der Luft, durch das andere die durch Verdampfung des Wassers verminderte, und aus der Vergleichung beider die psychrometrische Differenz erhalten werde, ergiebt sich aus dem vorher Gesagten von selbst; in wie fern aber das Instrument dazu diene, als Hygrometer den Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre zu messen, wird weiter unten in der Theorie erörtert werden.

Der Apparat an und für sich betrachtet läſst nichts zu wünschen übrig. Man hat gegen den von Blackadder angegebenen eingewandt, daſs das Wasser allmälig einen kalkigen Ueberzug in dem Musseline erzeuge, und daſs sich leicht Staub und Schmutz auf demselben ablagere, wodurch er gegen die Aufnahme der Feuchtigkeit minder geeignet werde [1], und dieses lieſse sich auch gegen den eben beschriebenen vorbringen; allein es hat offenbar keine Schwierigkeit, für die erforderliche geringe Quantität stets destillirtes oder Regenwasser anzuwenden, aus welchem sich ein solcher Ueberzug nicht erzeugt, die sich aus der Atmosphäre in längerer Zeit absetzenden Staubtheilchen können leicht weggewaschen werden, und endlich ist es keine bedeutend schwierige Aufgabe, das Musselinstück, falls es unbrauchbar geworden seyn sollte, durch ein neues zu ersetzen. Das Einzige, was noch wohl zu wünschen übrig bleibt, ist ein etwas leichterer Transport; denn obgleich die beiden Thermometer in ihren Futteralen transportabel sind, so erfordert zugleich das Gefäſs ein eigenes Kästchen, und das hölzerne Stativ läſst sich überall nicht bequem packen, weswegen es auch dem Instrumente vom Künstler nicht beigegeben wird. Inzwischen liegt folgender Vorschlag sehr nahe bei der Sache, und scheint mir hauptsächlich in der Hinsicht sehr zweckmäſsig, daſs Reisende, welche hohe Berge besteigen, theils für barometrische Höhenmessungen [2], theils um überhaupt den Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre auszumitteln, ein einfaches und leicht transportabeles Hygrometer sehr bedürfen. Man wähle ein einfaches, auf gleiche

---

1 Edinb. New Phil. Journ. N. II. p. 242.

2 Vergl. oben S. 306.

Weise, als die durch Greiner verfertigten, feines Thermometer, biege die Kugel oder den Cylinder desselben in einem rechten Winkel um, hänge es auf gleiche Weise, als dieses bei dem von Jones angegebenen eingerichtet ist, an einem metallenen Träger auf, welcher zugleich in das zum Einpacken des Ganzen bestimmte Kästchen vertical gesteckt werden kann, und mache für die Kugel oder den Cylinder des Thermometers eine bewegliche Kappe von Musselin. Zum Behuf der Beobachtung wird dann diese Kappe weggenommen, das Thermometer sorgfältig abgewischt, an seinem Stative aufgehangen und nach der zur Annahme der äuſseren Temperatur erforderlichen Zeit von etwa 11 bis 15 Minuten mit Vermeidung örtlicher Erwärmungen beobachtet, dann wird die Kappe herübergezogen, welche im trocknen Zustande bekanntlich etwas weiter, im feuchten dagegen enger ist, aus einem im Kästchen zugleich mitgeführten Gläschen mit Wasser so befeuchtet, daſs keine Tropfen herabhängen, oder diese allmälig verdampfen, und da eine einmalige starke Befeuchtung hinreicht, um das Thermometer auf den Thaupunct herabzubringen, so wird dieser nach etwa 15 Minuten gleichfalls abgelesen, und auf diese Weise die psychrometrische Differenz erhalten. Daſs ein solcher einfacher Apparat vollkommen genüge, dieses geht schon aus den allerersten, durch August angestellten Beobachtungen hervor; fürchtet man aber zu sehr den Einfluſs, welchen die Aenderung der äuſseren Temperatur während des Versuches mit der befeuchteten Kugel haben könnte, so kann man auch zwei correspondirende Thermometer wählen, welche mit geätzten Scalen verfertigt sehr wenig Raum einnehmen, und insofern noch wohl vorzuziehen wären, als beim möglichen Zerbrechen des einen die Beobachtungen nicht gänzlich unterbrochen werden.

C. Theorie.

1. Bei allen aus hygroskopischen Substanzen verfertigten sogenannten Hygrometern, deren Scale nicht zwei bestimmte Normalpuncte enthält, ist gar keine Theorie möglich, und es wäre überflüssig, hierauf Zeit und Mühe zu verwenden. Einige der älteren Hygrometer haben indeſs allerdings zwei feste Puncte, zwischen denen die Scalentheile liegen, namentlich das v. Saussure'sche, das de Luc'sche, das von Chiminello, Lowitz,

Lampadius u. a. angegebene; es fragt sich nur, in wie fern diese genau, zuverläſsig und als wirklich normal zu betrachten sind. In dieser Hinsicht läſst sich nicht verkennen, daſs die durch v. Saussüre gewählte Methode die einzige ist, welche ganz eigentlich normale Puncte anzugeben vermag. Rücksichtlich des Punctes der gröſsten Trockenheit unterliegt dieses wohl keinem Zweifel und überhaupt ist dieser bei weitem am leichtesten zu erhalten, auch geschieht dieses ohne groſse Schwierigkeiten auf verschiedene Weise, man mag Aetzkali, ungelöschten Kalk, Schwefelsäure oder unter allen am besten salzsauren Kalk anwenden, denn in allen diesen Fällen wird die umgebende Luft völlig trocken, und das Hygrometer zeigt in solcher auf einen Punct, welcher der völligen Trockenheit der Luft zugehört, ohne deswegen nothwendig selbst absolut frei von aller Feuchtigkeit zu seyn. Es ist nämlich ein offenbar unrichtiges Verfahren, wenn einige, wie z. B. Lowitz, durch Glühen oder Lampadius durch die Hitze eines Ofens alle Feuchtigkeit aus der hygroskopischen Substanz entfernen, und hierdurch den Punct der gröſsten Trockenheit erhalten wollten; denn sobald die Affinität des Wasserdampfes zu der hygroskopischen Substanz stärker ist als zur Luft, so wird letztere schon vollkommen trocken seyn, während erstere noch Feuchtigkeit enthält, allein der Punct, auf welchen dann der Zeiger des daraus verfertigten Hygrometers zeigt, gehört offenbar der vollkommenen Trockenheit an.

Schwieriger ist die Bestimmung des Punctes der gröſsten Feuchtigkeit, und hier bleibt offenbar eine Dunkelheit, welche ich in keiner der zahlreichen Untersuchungen über diesen Gegenstand aufgehellet finde. Zuvörderst scheint mir das von de Saussüre gewählte Verfahren, sein Hygrometer in eine möglichst feuchte Luft zu bringen, vor dem durch de Lüc empfohlenen des Eintauchens in Wasser den Vorzug zu verdienen. So sehr nämlich auch letzterer sein Verfahren als das einzig richtige anzuempfehlen sich beeifert hat, so soll doch offenbar das Hygrometer den Zustand der gröſsten Feuchtigkeit dann angeben, wenn die umgebende Luft mit Wasserdampf vollständig gesättigt ist, nicht aber wenn die hygroskopische Substanz sich mit tropfbar flüssigem Wasser in unmittelbarer Berührung befindet. Nach vielfachen angestellten Versuchen scheint indeſs zwischen beiden Methoden kein merklicher Unterschied stattzufinden, wie auch daraus ganz natürlich folgt, daſs die einer absolut feuchten Luft

anhaltend ausgesetzten hygroskopischen Substanzen in der Regel mit einer Lage tropfbar flüssigen Wassers belegt werden; allein eine Frage ist hierbei, wie schon bemerkt worden, noch gar nicht erörtert, nämlich in welchem Verhältnisse die Verwandtschaften der Luft und der hygroskopischen Substanzen gegen Wasser bei ungleichen Temperaturen zu einander stehen. Alle Körper werden durch Wärme trockner, während die Luft allezeit aufs Neue den gebildeten Wasserdampf aufnimmt und fortführt, und wenn gleich hierauf aus andern Gründen nicht mit Gewiſsheit ein Schluſs gebauet werden kann, so ist es doch möglich, daſs die Affinität der Luft zum Wasserdampfe mit der Temperatur wächst, zu den hygroskopischen Substanzen aber abnimmt, und in diesem Falle würde der Punct der gröſsten Feuchtigkeit so viel niedriger zu liegen kommen, in je höherer Temperatur man ihn bestimmte, es sey denn, daſs man das Eintauchen in Wasser hierzu wählte, wodurch der Punct vollkommener Feuchtigkeit gegeben werden muſs; wenn nicht die Einwirkung des heiſsen Wassers auf die hygroskopische Substanz anderweitige Irrthümer herbeiführt. Es belohnt sich nicht der Mühe, aus den bisher angestellten Versuchen oder durch neue auszumitteln, in wie fern hieraus Unrichtigkeiten erwachsen können, weil diese ganze Classe von Hygrometern aus andern Gründen als unbrauchbar erscheint.

Eine Hauptfrage ist nämlich, in wie weit die zwischen den beiden Normalpuncten liegenden Grade bei den verschiedenen Hygrometern mit dem wirklichen Feuchtigkeitszustande der Atmosphäre übereinstimmen. In dieser Beziehung hat ein jeder Erfinder bei seinem vorgeschlagenen Apparate vorausgesetzt, daſs die Grade der atmosphärischen Feuchtigkeit den zwischen beiden Endpuncten der Scale enthaltenen Abtheilungen direct proportional seyen, was aber keineswegs aus theoretischen Gründen nothwendig folgt, und aus der Erfahrung dadurch widerlegt wird, indem sonst alle Hygrometer correspondirend seyn müſsten, statt daſs die beiden vorzüglichsten, nämlich das von de Luc und von de Saussüre eine so auffallende Verschiedenheit zeigen, wie aus der oben unter A mitgetheilten Tabelle gegen jede Einwendung sichtbar hervorgeht. Sobald sich aber solche bedeutende Abnormitäten zeigen, so entsteht die Frage, welches Hygrometer das richtige sey? und diese ist durch alle weitläuftigen Untersuchungen bisher nicht einmal zum eigentlichen

Objecte der Forschung gemacht, geschweige denn genügend beantwortet. Sollte dieses geschehen, so müſste die Luft künstlich in verschiedenen quantitativen Verhältnissen mit Wasserdampfe gemengt, und diese genau bestimmten Mengungsverhältnisse mit denjenigen Graden verglichen werden, welche das zu prüfende Hygrometer in ihnen zeigte; jedoch würde dieses eine Reihe von Versuchen erfordern, welche wegen der damit verbundenen Schwierigkeiten fast an das Unmögliche grenzen, und nur in dem Falle belohnend wären, wenn man dadurch ein für immerwährende Zeiten genaues Hygrometer erhalten könnte.

Aber hier stellt sich erst der Haupteinwurf entgegen, welcher allen Hygrometern dieser Art gemacht werden kann, nämlich daſs die dazu verwendeten Stoffe in kürzerer oder längerer Zeit, auf allen Fall für die auf die Construction derselben zu verwendende Mühe zu bald, ihre hygroskopische Eigenschaft verlieren. Alle hygroskopische Substanzen der ersten und zweiten Classe, nämlich die aus dem Thier- und Pflanzenreiche genommenen, trocknen in nicht gar langer Zeit so vollständig aus, daſs sie gegen die Feuchtigkeit der Atmosphäre fast ganz unempfindlich werden. Hierüber sind alle Physiker so vollkommen einverstanden, daſs es überflüssig seyn würde, die Behauptung durch Autoritäten zu unterstützen, und ich erwähne daher statt aller nur einen, nämlich den Veteran unter den deutschen Physikern, E. G. Fischer in Berlin, welcher keinen Anstand nimmt, diesen Satz auf das Bestimmteste auszusprechen[1]. Ich selbst habe namentlich ein sehr schönes, aber altes, Saussüre'sches Hygrometer von dem bekannten Paul in Genf gearbeitet, ein von Ramsden höchst elegant verfertigtes de Lüc'sches in dieser Hinsicht geprüft, allein der Zeiger durchlief bei den verschiedensten Zuständen der Feuchtigkeit keine 5 Grade der Scale, und ein später verfertigtes Fischbeinhygrometer von vortrefflicher Arbeit konnte ich durch achtmaliges, alle zwei Stunden wiederholtes Einlaufen in Wasser nicht von seinem gewöhnlichen Stande bei 42° auf 55° bringen. Freilich kann man entgegnen, daſs es bloſs des Einziehens eines frischen Haares oder Fischbeinstreifens bedürfe, um ein solches Instrument wieder brauchbar zu machen; allein wer die Mühe kennt, welche dieses und

1. S. Lehrbuch der Naturlehre. Berl. 1827. Th. I. S. 408.

die dann nothwendig erforderliche abermalige Bestimmung der festen Puncte erfordert, wird eine solche Aufgabe nicht für so leicht erachten. Auſserdem aber tritt die Unempfindlichkeit der hygroskopischen Substanzen gegen Feuchtigkeit nicht plötzlich ein, sondern sie entsteht und wächst allmälig langsam zunehmend, woraus aber von selbst folgt, daſs man nie gesichert seyn kann, ob und in welchem Grade dieselbe schon eingetre-en sey; ein unzuverlässiges Meſswerkzeug darf aber unter den physikalischen Apparaten eigentlich gar nicht geduldet werden, weil sein Gebrauch Irrthümer herbeiführen kann, deren Widerlegung nachher schwerer ist, als das Auffinden der Wahrheit[1].

Die Hygrometer aus dem Mineralreiche sind in vielfacher Hinsicht mangelhaft, wenn gleich einige derselben gerade wegen ihrer Dauerhaftigkeit einen Vorzug vor den beiden übrigen Classen verdienen mögen. De la Rive's Vorschlag zuvörderst, die Erhitzung der Schwefelsäure durch die atmosphärische Feuch-igkeit als Mittel zum Messen des quantitativen Verhältnisses ler letzteren zu gebrauchen, scheitert nach des sinnreichen Ver-assers eigenem Geständnisse an der Unmöglichkeit, jederzeit und überall Schwefelsäure von gleicher Concentration zu erhal-en. Letztere muſs auſserdem durch das spec. Gewicht gefunden verden, welches von dem hygrometrischen Versuche jederzeit inen andern schwierigen vorauszuschicken erfordert, die Schwie-igkeit der Concentrirung selbst nicht gerechnet, und obendrein könnte man die einmal angewandte selbst nicht mehrere Tage ufbewahren, weil das jedesmalige Oeffnen des Gefäſses den Zutritt des atmosphärischen Wassers gestattet, und letzteres zu-leich so sehr zwischen die gläsernen Stöpsel und Wandungen er Gefäſse dringt, daſs es auch mit gröſster Mühe selten voll-tändig abgehalten werden kann.

Bei allen übrigen hygroskopischen Substanzen aus dem Mi-eralreiche wird die Feuchtigkeit aus der Gewichtsvermehrung estimmt, und sie erfordern daher einen feinen Waagebalken. st dieser lang, damit seine Zunge oder ein Zeiger eine lange

1 Es ist eine sehr interessante Erfahrung, daſs Pictet ein Hy-rometer aus dem Haare einer Guanchen-Mumie verfertigen lieſs, id dieses, vielleicht 2000 Jahre alt, eben so empfindlich, als ein isches fand. S. Bibl. univ. XXVII. 120. Dieser mit einem der Luft icht ausgesetzten Haare angestellte Versuch kann übrigens die auf-estellte Behauptung nicht umfassen.

Scale durchlaufe, so läſst sich der Apparat nicht leicht unter eine Glocke bringen, um die normalen Puncte auf die von de Saussüre angegebene Weise zu erhalten, welche als die einzig zulässige für solche Werkzeuge erkannt ist. Auſserdem sind alle hygroskopischen Substanzen aus dem Mineralreiche etwas träge, hauptsächlich wenn es den Uebergang aus dem Feuchtigkeitszustande in den der Trockenheit betrifft, sie müssen daher dem freien Zutritte der Atmosphäre ausgesetzt seyn, wenn sie die Veränderungen des Feuchtigkeitszustandes richtig und bald angeben sollen, und sind dann schwer gegen die Aufnahme des Staubes und sonstiger Stoffe zu schützen, wodurch ihre hygrometrische Kraft offenbar verschlechtert wird. Die durch Lowitz vorgeschlagenen Steine oder solche, welche diesen künstlich nachgebildet werden, verlieren ohne Zweifel mit der Zeit ihre hygroskopische Eigenschaft, Salze wohl weniger, allein dennoch verlangt Lampadius, daſs die gebrauchten Portionen zuweilen durch andere ersetzt werden sollen. Geschieht dieses aber, so ist schwer zu entscheiden, ob das zum Ersatz genommene Salz genau das Mischungsverhältniſs des ersteren habe, und man ist also nicht gegen Irrthümer gesichert, wenn nicht jedesmal die Bestimmung der beiden Normalpuncte aufs Neue vorgenommen wird. Bei allen endlich ist aber nicht entschieden, ob die zwischen beiden Normalpuncten liegenden Scalentheile den Quantitäten der atmosphärischen Feuchtigkeit direct proportional sind. Aus allen diesen vereinten Gründen folgt auf gewisse Weise nothwendig, daſs auch die Hygrometer dieser Art den jetzigen Forderungen nicht genügen.

Unter diesen Umständen belohnt es sich kaum der Mühe, eine Theorie dieser Hygrometer aufzusuchen, und es mögen daher bloſs die übrigens sehr schätzbaren Bemühungen Lambert's[1] geschichtlich erwähnt werden, wodurch er gefunden zu haben glaubte, daſs bei dem durch Sturm angegebenen Hygrometer, dessen Zeiger einen ganzen in 360 Grade getheilten Kreis durchlief, 2 Grade die Anwesenheit von drei Gran Wasser in einem Cub. Fuſs Luft andeuteten. Hiernach dürfte man also bloſs die Grade, welche der Zeiger des Hygrometers zeigt, mit $\frac{3}{2}$ multipliciren, um die Menge des Wassers in einem Cub. F. Luft in Granen ausgedrückt zu erhalten. Die neueren Untersuchun-

1 Mém. de l'Acad. des Sc. de Prusse. 1769 u. 1772.

gen über die Dämpfe haben jedoch gezeigt, daſs die Dichtigkeit derselben lediglich von der Temperatur abhängt, welches Lambert zwar keineswegs übersehen, aber dennoch nicht in der Art berücksichtigt hatte, um daraus zu folgern, daſs die von ihm gewählte Bezeichnung des Hygrometers hiernach unmöglich ist. Ungleich besser erkannte de Saussüre den Einfluſs der Temperatur auf die Dichtigkeit des Wasserdampfes, versah deswegen sein Hygrometer mit einem Thermometer, um die Angaben des ersteren nach denen des letzteren zu corrigiren; auch geben seine Untersuchungen sehr genaue Resultate rücksichtlich der Dichtigkeiten des Wasserdampfes bei verschiedenen Temperaturen. Indem es aber bei den Angaben der Hygrometer auf die richtige Bestimmung jener Dichtigkeiten allein ankommt, diese aber bereits ausführlich untersucht sind[1], so genügt es hier darauf zu verweisen. Darf alsdann vorausgesetzt werden, daſs bei einem Hygrometer der angegebenen Art die beiden Normalpuncte genau bestimmt, die zwischenliegenden Grade aber den wachsenden und abnehmenden Graden der Sättigung der Luft mit Wasserdampf direct proportional sind (was hierbei allezeit am meisten problematisch ist) zeigt dann das Hygrometer m Grade von der Menge $= n$, worin die Scale getheilt ist, und heiſst endlich die der Temperatur zur Zeit der Beobachtung zugehörige Dichtigkeit des Wasserdampfes gegen Luft bei 0° Temperatur und 28 Z. Barometerstand $= d'$, so ist die Dichtigkeit des Wasserdampfes gegen Luft $d = \frac{m}{n} d'$. Die weiteren hierher gehörigen Bestimmungen kommen bei der Theorie des Psychrometers vor, und sind dort ungleich mehr an der geeigneten Stelle[2].

---

1 S. *Dampf.* Th. II. S. 371 ff. Biot Traité I. p. 532 giebt zwei Tabellen, um nach den Bestimmungen von Gay-Lüssac bei 10° C. die Elasticitäten des Wasserdampfes aus den Graden des Haarhygrometers und umgekehrt zu finden. Nach den angeführten Gründen scheint es mir überflüssig, sie hier ganz oder theilweise aufzunehmen.

2 Gay-Lüssac und Dülong haben sich viele Mühe gegeben, den Gang des Haar- und Fischbein-Hygrometers zu erforschen, und Biot Traité II. 199 hat allgemeine Formeln hiernach entwickelt. So lange aber noch jedes Instrument dieser Art seinen eigenen Gang zu befolgen scheint, halte ich es für überflüssig, tiefer in diese Untersuchungen einzugehen.

2. Daniell hat für sein Hygrometer selbst eine Theorie gegeben[1], und diese müſste unter der Voraussetzung der Richtigkeit für alle ähnliche, nach dem nämlichen Principe construirte Werkzeuge gelten. Hierbei geht er von dem Satze aus, daſs das Hygrometer den Thaupunct angebe, legt dann die durch Dalton gefundenen Bestimmungen der Elasticität und Dichtigkeit des Wasserdampfes zum Grunde, welche er nach einer vorgenommenen Vergleichung mit denen durch Ure erhaltenen bis auf geringfügige Unterschiede übereinstimmend findet, und berechnet hiernach die den Temperaturen von 0° bis 95° F. zugehörigen Gewichte eines Cubikfuſses Wasserdampf und dessen Expansion, welche vier Gröſsen er zur Bequemlichkeit des Gebrauches in eine Tabelle neben einander stellt. In dieser letzteren sind also die erste Columne der Temperaturen nach F. und die zweite der zugehörigen Elasticitäten des Wasserdampfes in engl. Zollen von Dalton entlehnt, die Gröſsen der dritten und vierten Columne findet er aber auf folgende Weise. Der Wasserdampf soll bei 212° F. und 30 engl. Zolle Luftdruck 1700 mal leichter als Wasser seyn. Wird dann nach den Bestimmungen von Rive das Gewicht eines Cub. F. Wasser bei 40° F. = 437272 Grains gesetzt, so ist das Gewicht eines Cubikfuſses Dampf $= \frac{437272}{1700} = 257{,}218$ Grains, und hiernach lassen sich die Gewichte eines gleichen Volumens Dampf von gleicher Temperatur und unter einem gegebenen Drucke finden, z. B. unter 0,56 Z. Quecksilberhöhe, indem

$$30\ Z. : 0{,}56\ Z. = 257{,}218 : 4{,}801$$

wonach also das Gewicht des Dampfes von 212° F. und unter einem Drucke von 0,56 Z. Quecksilberhöhe = 4,801 Grains beträgt. Hieraus wird dann das Gewicht des Wasserdampfes bei jeder andern Temperatur gefunden, wenn man berücksichtigt, daſs nach Gay-Lussac alle elastische Flüssigkeiten sich durch gleiche Wärmevermehrungen gleichmäſsig ausdehnen, und zwar um $\frac{1}{480}$stel ihres Volumens für 1° F. Hiernach ist also das Volumen eines Gases, wenn es bei 32° F. = 1 gesetzt wird, für 60° und 212° F. im Verhältniſs von $1+\frac{28}{480} : 1+\frac{180}{480}$ oder wie 1,0583 : 1,3749; und da die Dichtigkeiten und Gewichte sich umgekehrt wie die Volumina verhalten, so hat man

1 Meteorological Essays and Observations. Lond. 1823. p. 153.

$$1{,}0583 : 1{,}3749 = 4{,}801 : 6{,}222$$

:e Glied dieser Gleichung drückt also das Gewicht eines
ſses Dampf bei 60° F. in Grains aus, das erste die Aus-
; desselben (expansion) letztere bei 32° F. = 1 gesetzt;
ere Gröſse für alle Grade F. von 0 bis 95 auf gleiche
berechnet, füllt die dritte Columne der Tabelle, die
auf gleiche Weise gefunden, die vierte, welche indeſs
hygrometrischen Beobachtungen ganz überflüssig ist.
obachtung der hygrometrischen Differenz am Daniell'-
Hygrometer giebt dann sehr einfach folgende Gröſsen,
durch ein bestimmtes Beispiel anschaulicher werden:

:mperatur der Luft	70° F.
haupunct	55° –
:ad der Trockenheit der thermometr. Scale .	15° –
rad der Feuchtigkeit der hygrom. Scale .	0,618 –
lasticität des Wasserdampfes	0,476 n. Z.
ewicht des Dampfes in 1 Cub. F.	5,175 Gr.

on ist die erste Gröſse am Thermometer der Säule gegeben,
reite an dem der mit Aether gefüllten Kugel, die dritte
Differenz beider, und zeigt, wie viele Grade der Con-
ionspunct des Dampfes unter der Temperatur der Atmo-
: liegt; die vierte wird gefunden, wenn man berücksich-
laſs die Sättigungsgrade mit Dampf den Elasticitäten (oder
den Dichtigkeiten) umgekehrt proportional sind. Indem
lie Elasticität des Dampfes für 55° F. = 0,476 Z. für 70°
0,770 Z. beträgt, so giebt

$$0{,}476 : 0{,}770 = 0{,}618 : 1.$$

die Luft ist also bei 70° Temperatur nur im Verhältniſs von
3 gesättigt. Die beiden letzten Gröſsen endlich werden
ler Tabelle unmittelbar entnommen.

Gegen das Verfahren, wonach Daniell zu den in seiner
elle enthaltenen Gröſsen gelangt, ist zwar im Allgemeinen
ts einzuwenden, allein es ist dennoch nicht von der Art,
der gegenwärtige Standpunct der Wissenschaft fordert. Daſs
ørderst die Dalton'schen Bestimmungen der Elasticitäten des
sserdampfes allein angenommen werden, ist aus dem hohen
ehen leicht erklärlich, wozu sie namentlich in England und
nkreich gelangt sind, obgleich man in Deutschland nicht un-
ründete Zweifel dagegen erhoben hat. Wenn man inzwischen
der Bestimmung der Elasticitäten des Wasserdampfes nicht

über die Grenzen zwischen 0° und 95° F. hinausgeht, so sind keine sehr merkliche Unrichtigkeiten zu erwarten, indem innerhalb dieser Temperaturen die verschiedenen Angaben jener Gröſsen ziemlich genau mit einander übereinstimmen. Dagegen sind die Dichtigkeitsverhältnisse zwischen Wasser, Luft und Dampf durch vielfache neuere Untersuchungen mit ungleich gröſserer Schärfe bestimmt, als hier durch Daniell geschieht, und es ist zu verwundern, daſs er diese ganz unberücksichtigt gelassen hat. Inzwischen würde es nicht schwer seyn, eine der seinigen gleiche Tabelle mit Benutzung der neuesten hierfür aufgefundenen Bestimmungen zu berechnen, und sich dieser beim Gebrauche des Hygrometers zu bedienen, lieſsen sich nicht gegen die Anwendung des Apparates überhaupt gegründete Einwendungen machen, welche aus der Vergleichung desselben mit dem Psychrometer am besten klar werden.

3. Die Theorie des Psychrometers ist von drei Gelehrten mit ungleich gröſserer Schärfe der Bestimmungen gegeben, als man dieses bei Daniell findet, die Prüfung derselben führt indeſs zu Untersuchungen höchst verwickelter Aufgaben, welche allerdings von groſsem Nutzen, hier aber nicht an ihrer gehörigen Stelle seyn würden[1], weswegen ich nur die Hauptsachen kurz mittheile, ohne welche eine Beurtheilung des zu würdigenden Apparates nicht möglich seyn würde.

August selbst ging anfangs[2] von dem durch Erfahrung gefundenen Grundsatze aus, daſs die Differenz des befeuchteten und des trockenen Thermometers genau die Hälfte derjenigen betrage, welche die beiden Thermometer des Daniell'schen Hygrometers zeigen, und indem er dann diejenige Temperatur, welche bei letzterem das in der Aetherkugel eingeschlossene Thermometer beim entstehenden Niederschlage zeigt, als den eigentlichen Thaupunct betrachtet, so könnte das Psychrometer auf gleiche Weise, als jenes, zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgrades dienen. Der letztere Hauptsatz, wonach also der Werth des Psychrometers durch seine Uebereinstimmung mit dem Daniell'schen Hygrometer erst ausgemittelt werden müſste, wird wohl ganz allgemein angenommen, und doch verdient gerade dieser erst eine sehr sorgfältige Prüfung.

---

1 Sie gehören eigentlich als Nachtrag zum Art. *Dampf*, Elasticität desselben, in Th. II. dieses Werkes.

2 G. LXXXI. 69.

Wird derselbe vorläufig als richtig vorausgesetzt, so könnte man einfach jenes erstere Instrument auf dieses letztere reduciren, hiernach also den Thaupunct und aus diesem nach DANIELL's Methode und den zugehörigen Tabellen die Elasticität und Dichtigkeit des Wasserdampfes finden. AUGUST wählt indeſs diesen leichteren Weg nicht, sondern er entwickelt selbst aus bekannten Elementen die Formeln zur Berechnung jener Gröſsen. Wenn man die Luftschicht, welche mit Wasserdampf erfüllt die befeuchtete Kugel umgiebt, aus trockner Luft und aus Wasserdampf bestehend denkt, das Gewicht der ersten unter einem Barometerdrucke = 28 Z. = n und bei 0° C. durch ω bezeichnet, das Gewicht eines Cub. F. Wassers als Einheit angenommen, bei der Beobachtung den Barometerstand = b, die Temperatur der Cuft = t; die durch Verdunstungskälte erniedrigte = t', die zu beiden gehörige Elasticität des Wasserdampfes aber durch e und e' bezeichnet, und den Ausdehnungs-Coefficienten der Luft durch Wärme = 0,00375 mit m, so ist, das Gewicht dieser Luftschicht = L genannt,

$$L : \omega = b - e' : n\,(1 + mt')$$

$$\text{also } L = \frac{b - e'}{n} : \frac{\omega}{1 + mt'}$$

Der in dieser umgebenden Luftschicht enthaltene Wasserdampf, dessen Elasticität = e' ist, besteht aus dem atmosphärischen und dem neu hinzugekommenen, welcher letztere also die Elasticität = e' — e haben muſs. Heiſst dann das Gewicht des atmosphärischen Wasserdampfes = D, so ist das Verhältniſs dieser Gröſse zu derjenigen, welche die trockne atmosphärische Luft bezeichnet, oder D : ω aus drei Verhältnissen zusammengesetzt, nämlich $\delta : 1$, wenn hierdurch das Verhältniſs des spec. Gew. des Wasserdampfes gegen das der trocknen Luft bezeichnet wird; ferner e : n und endlich 1 : 1 + mt', wonach

$$D : \omega = \delta e : n(1 + mt') \text{ also}$$

$$D = \frac{e}{n} \cdot \frac{\delta\omega}{1 + mt'}.$$

Heiſst das Gewicht des neu gebildeten Dampfes d, so ist

$$d = \frac{e' - e}{n} \cdot \frac{\delta\omega}{1 + mt'}.$$

Bezeichnet man ferner die specifische Wärmecapacität der Luft, oder diejenige Wärmemenge, welche erfordert wird, eine

gegebene Menge Luft um 1° zu erhöhen, diejenige als Einheit angenommen, welche eine gleich groſse Gewichtsmenge (hier also einen Cubikfuſs) Wasser gleichfalls um 1° erhöhen würde, durch γ, und eben so für Wasserdampf durch $\varkappa$, so ist die durch die Luftmasse = L abgegebene Wärme beim Uebergange aus dem Temperaturzustande = t in den niedrigern = t′.

$$L \cdot \gamma (t - t') = \frac{b - e'}{n} \cdot \frac{\omega}{1 + mt'} \gamma (t - t')$$

und die durch den Wasserdampf abgegebene

$$D \cdot \varkappa (t - t') = \frac{e}{n} \cdot \frac{\delta \omega}{1 + mt'} \varkappa (t - t')$$

Heiſst endlich die latente Wärme des Dampfes, oder die Zahl, welche angiebt, um wie viele Grade des hunderttheil. Thermometers ein der gebildeten Dampfmenge gleiches Gewicht Wasser durch die zur Bildung von jenem erforderliche Wärmemenge erhöhet werden könnte = λ, so ist

$$d\lambda = \frac{e' - e}{n} \cdot \frac{\delta \cdot \lambda \cdot \omega}{1 + mt'}$$

ein Ausdruck für die durch den neu gebildeten Dampf erforderliche Wärmemenge, auf diejenige Einheit bezogen, durch welche ein Cub. Fuſs Wasser um 1° erhöhet werden kann. Insofern aber die durch die Luft und den Wasserdampf derselben abgegebene Wärme der des neugebildeten Wasserdampfes gleich seyn muſs, so erhält man mit Weglassung der einander gleichen Gröſsen

$$(b - e') \gamma (t - t') + e \delta \varkappa (t - t') = (e' - e) \delta \lambda.$$

Aus dieser Formel erhält man

$$e = \frac{1 + \gamma \delta (t - t')}{1 + \frac{\varkappa}{\lambda} (t - t')} e' - \frac{\frac{\gamma}{\delta \lambda} (t - t')}{1 + \frac{\varkappa}{\lambda} (t - t')} b.$$

Um nach dieser Formel die Werthe von e zu finden, nimmt August für $\gamma = 0{,}2669$ nach Biot; für $\varkappa = 2{,}8470$ nach demselben; für $\delta = 0{,}62349$ nach Gay-Lüssac; für $\lambda = 550°$ C. nach demselben, welche substituirt

$$e = \frac{e' - 0{,}00077832 (b - e') (t - t')}{1 + 0{,}00154 (t - t')}$$

wird; und da t — t′ nicht füglich über 20° C. betragen kann, ohne merklichen Fehler

$$e = e' - \frac{0{,}00077832\ (t-t')}{1+0{,}00154\ (t-t')}\, b$$

oder noch einfacher

$$e = e' - 0{,}00077832\ (t-t')\ b.$$

Den Werth von e', oder die Elasticität des Waſserdampfes entlehnt August aus den nach Dalton durch Biot berechneten Gröſsen, und theilt dann 20 Beispiele mit, worin die Werthe von e nach den Differenzen $t-t'$ des Psychrometers und nach der Hälfte dieser Unterschiede bei den Thermometern des Daniell'schen Hygrometers berechnet sind. Beide stimmen sehr gut mit einander überein, und scheinen somit zu beweisen, daſs jene ganzen Differenzen diesen halben jederzeit gleich sind, einige nicht unmerkliche Abweichungen abgerechnet, welche davon abgeleitet werden, daſs der Aetherkugel des Hygrometers stets Wärme von Auſsen zugeführt wird, und daher die Kälte hier geringer als im Innern seyn muſs. Die Tabellen, welche dem Hygrometer beigegeben werden, sind nach der Näherungsformel $e = e' - 0{,}26\ (t-t')$ berechnet, auch sind darin die in einem rheinländischen Cubikfuſs enthaltenen Gewichte des Wasserdampfes angegeben, welche durch die Näherungsformel $x = \frac{1230\,.\,e}{1000+4t}$ gefunden sind.

August ist späterhin nicht dabei stehen geblieben, den Werth von e' aus den mehrfach angefochtenen Dalton'schen Bestimmungen zu entlehnen, sondern hat selbst eine Formel zur Berechnuug der Elasticitäten des Wasserdampfes entwickelt, welche wegen ihrer Eleganz hier einen Platz finden möge[1]. Die Zusammenstellung einiger als vorzüglich genau zu betrachtender, durch Erfahrung gegebener Elasticitäten des Wasserdampfes zeigen, daſs sie eine Reihe bilden, deren Glieder gegen die einer geometrischen stets kleiner werden, und deren Ausdruck also

$$e' = a\,m^{\frac{1}{1+\beta}}$$

seyn kann, wenn a die zur Temperatur $= 0$, e' die zur Tem-

1 Gilb. Annal. von Poggend. LXXXIX. 117. Sie stimmt im Wesentlichen mit der von J. T. Mayer gegebenen überein, welcher ich im Art. *Dampf* den Vorzug gegeben habe. Es ist also um so wichtiger, auch diese hier mitzutheilen.

peratur = t gehörige Expansivkraft, m aber den Exponenten des Verhältnisses dieser Reihe für jeden einzelnen Grad bezeichnet. Bezeichnet dann b den Barometerstand, bei welchem der Siedepunct des Thermometers bestimmt wurde, n die Anzahl der Grade zwischen den festen Puncten des Thermometers und $-\omega$ den Punct der Abwesenheit aller Wärme, wenn das Thermometer seinen regelmäſsigen Gang bis zu diesem Puncte beibehielte, so ist klar, daſs $e' = 0$ werden müſste, wenn $t = \omega$ wird, woraus

$$a\,m^{\frac{-\omega}{1-\beta\omega}} = 0, \text{ also } 1 : m^{\frac{\omega}{1-\beta\omega}} = 0 \text{ und } m^{\frac{\omega}{1-\beta\omega}} = \infty.$$

Indem aber m der Erfahrung nach stets gröſser als 1 ist, so folgt

$$\frac{\omega}{1-\beta\omega} = \infty, \text{ also } 1-\beta\omega = 0 \text{ oder } \beta = \frac{1}{\omega}$$

welches in die Formel substituirt

$$e' = a\,m^{\frac{t}{1+\frac{t}{\omega}}} = a\,m^{\frac{\omega t}{\omega+t}}.$$

Indem ferner bei vorausgesetzter richtiger Bestimmung des Siedepunctes am Thermometer e = b werden muſs, wenn t = n wird, so erhält man hierfür

$$b = a\,m^{\frac{\omega n}{\omega+n}} \text{ also } m = \left(\frac{b}{a}\right)^{\frac{\omega+n}{\omega n}}$$

und diesen Werth für m substituirt

$$e' = a\left(\frac{b}{a}\right)^{\frac{(\omega+n)\,t}{n\,(\omega+t)}}$$

Aus Gay-Lussac's mit Dalton's, Ure's und seinen eigenen sehr genau übereinstimmenden Versuchen bestimmt August dann den Werth von a = 0,00578 Met.; n = 100; b = 0,76 Met., und $-\omega = -266\frac{2}{3} = -\frac{800^{\circ}}{3}$ C. Hiernach wird für französ. Maſs

$$\text{Log. } e' = \frac{23{,}945371\,t}{800+3t} - 2{,}2960383.$$

und nach einer, alle erforderliche Correctionen berücksichtigenden Reduction für b = 336 Lin. und n = 80, also auf Pariser Maſs und Réaum. Thermometer reducirt

1. $$\text{Log. } e' = 0{,}3506511 + \frac{7{,}9817243\,t}{213{,}4878+t}.$$

Wird dieser Werth von e' in die oben mitgetheilte Formel eingeführt, so iſt:

2. $$e = \frac{e' - 0{,}0009729\,(b - e')\,(t - t')}{1 + 0{,}001925\,(t - t')}$$

durch Umkehrung der Formel 1 aber findet man den Thaupunct $= t''$.

3. $$t'' = 213{,}4878\,\frac{\text{Log. } e - 03506511}{8{,}3323754 - \text{Log. } e}$$

Für metriſches Maſs und 100 theil. Thermometerſcale erhält man

$$e = \frac{e' - 0{,}00077832\,(b - e')\,(t - t')}{1 + 0.0015400\,(t - t')}$$

$$t'' = \frac{800}{3} \cdot \frac{2{,}2960383 + \log. e}{5{,}6857520 - \log. e}.$$

Die Reihe der ſchon mitgetheilten vergleichbaren Verſuche wird abermals durch 23 Beobachtungen vermehrt, welche am 31ſten Juli 1827 auf dem Brocken angeſtellt ſind, und bei denen die für t'' durch Rechnung erhaltenen Werthe mit den Angaben des Daniell'ſchen Hygrometers ausnehmend genau übereinſtimmen [1].

Ehe ich dieſe Theorie rückſichtlich ihrer Anwendbarkeit näher prüfe, will ich nur vorläufig über die Formel zur Auffindung der Elaſticität des Waſſerdampfes Folgendes bemerken, inſofern doch auf allen Fall entſchieden werden muſs, auf welche Weiſe und nach welcher der bis jetzt bekannten Formeln die Menge des in der atmoſphäriſchen Luft enthaltenen Waſſerdampfes am genaueſten durch Rechnung gefunden werden kann. Gegen die Principien, von denen August bei der Aufſtellung und Entwickelung ſeiner Formel ausgegangen iſt, kann nicht füglich etwas eingewandt werden, auch kann es derſelben keinen Abbruch thun, daſs die Bezeichnung des abſoluten Nullpunctes darin aufgenommen iſt, worüber noch wohl einige Dunkelheit herrſcht, indem dieſes bei dem hier davon gemachten Gebrauche nicht in Betrachtung kommt. Allein die Formel iſt im Allgemeinen eine logarithmiſche. Bekanntlich haben aber die dieſen zugehörigen Curven eine für gröſsere Abſtände ſtark zunehmende Krümmung, und aus dieſem Grunde iſt es bedenklich, zur Beſtimmung der Conſtanten bei ihnen nur eine Beob-

---

1 Poggendorff Ann. XC. 140.

achtung zum Grunde zu legen, insofern ein darin enthaltener geringer Fehler zuletzt sehr stark wachsen kann. Bei der von mir[1] gebrauchten Mayer'schen Formel habe ich daher zwei möglichst genaue und sehr weit von einander abstehende Beobachtungen benutzt, und alle von mir dort mitgetheilte Formeln an Beispielen für niedrige und sehr hohe Temperaturen geprüft, wobei fast alle sich als unzulässig zeigten. Bei der durch August gefundenen ist dieses keineswegs der Fall, vielmehr hat derselbe die Elasticitäten des Dampfes bis 1000° R. berechnet, und man kann nicht sagen, daſs die erhaltenen Werthe sich als unmöglich zeigen. Prüft man die Formel indeſs an Versuchen, welche gewiſs Zutrauen verdienen, und für diese Untersuchungen daher von groſsem Werthe sind, so zeigen sich Unterschiede, nach denen man entweder die Genauigkeit der Versuche oder der Formel in Zweifel ziehen muſs. Vermittelst eines sinnreich ausgedachten Apparates im Wiener polytechnischen Institute wurden für t nach der 80 theil. Scale und e in Pariser Zollen folgende Werthe erhalten[2]: t = 151; e = 301; t = 178; e = 574. August's Formel giebt hierfür 378 und 795 Z. und wenn wir bei der letzteren Gröſse auch auf die Correction des Thermometers Rücksicht nehmen und statt 795 Z. vielmehr 775 Z. nehmen, welches zu 177° R. gehört, so findet dennoch eine Differenz von + 220 Z. auf Seiten des nach der Formel berechneten Werthes statt. Wer inzwischen die Vollendung der Apparate kennt, welche jenes polytechnische Institut liefert, und die Genauigkeit, womit die Gelehrten daselbst zu experimentiren pflegen, der wird ihnen einen solchen, den dritten Theil des Ganzen übersteigenden Fehler nicht zur Last legen wollen, und lieber die Anwendbarkeit der Formel in Zweifel ziehen. Mayer's Formel giebt dagegen 303 und 575 Z. mit den Beobachtungen vollkommen übereinstimmend. Inzwischen zeigen sich so bedeutende Abweichungen bloſs in den sehr hohen Temperaturen, welche bei hygrometrischen Beobachtungen nie vorkommen, und August hat genügend nachgewiesen, daſs die nach seiner Formel berechneten Elasticitäten mit denen, welche die besseren Beobachtungen bei niederen und mittleren Temperaturen geben, innerhalb jener Grenzen sehr genau übereinstim-

---

1 Im Art. *Dampf.*

2 Jahrb. des Polyt. Inst. I. 144. Gehler II. 335.

men, so daſs man sich also derselben unbedenklich bedienen kann. Insofern sich das Nämliche aber auch von der Mayer'schen Formel sagen läſst, wird es keinen Anstoſs finden, wenn ich diese später als Norm annehme.

Anderson verdient als der zweite genannt zu werden, welcher die Gesetze der Hygrometrie genauer entwickelt, und Formeln angegeben hat, um aus den Beobachtungen an guten Instrumenten die Elasticität und Dichtigkeit des Wasserdampfes in der Atmosphäre zu berechnen [1]. Diese Bemühungen erhalten einen um so gröſseren Werth dadurch, daſs Baumgartner sie bei der Vergleichung einer groſsen Zahl sehr genauer durch v. Bürg angestellten Beobachtungen mit dem Psychrometer, dem Daniell'schen und einen Haarhygrometer zum Grunde gelegt hat [2]. Inzwischen werden von beiden die Gesetze der Spannkräfte und Dichtigkeiten des Wasserdampfes als Functionen der Temperaturen nicht aufs Neue untersucht und bestimmt, sondern erstere entlehnt Anderson von Dalton, letztere dagegen werden nach dem durch Gay-Lüssac anfgestellten Theoreme berechnet, daſs der Wasserdampf bei gleicher Temperatur und Elasticität ein constantes Verhältniſs der Dichtigkeit gegen Luft hat. Diese ganze Untersuchung kann daher hier übergangen werden, da die Grundlage derselben allgemein bekannt und schon im Art. *Dampf* mitgetheilt ist, der groſse Werth der Abhandlung beruhet vielmehr darauf, daſs aus einer so gründlichen Vergleichung der drei vorzüglichsten Apparate eine endliche Entscheidung der Hauptfrage erwartet werden darf, welche Art von Hygrometern mit Sicherheit als Meſswerkzeuge angewandt werden könne. Es muſs hier jedoch bemerkt werden, daſs auch nach Baumgartner's Meinung das Daniell'sche Hygrometer den Thaupunct unmittelbar angiebt, das Psychrometer dagegen eine Berechnung erfordert, indem es nicht genügt, die erhaltene Differenz zu verdoppeln. Zu der Berechnung wählt er Anderson's Formel, wonach

$$e = e' - \frac{b\delta}{30(A + C\delta)}$$

ist, auf Pariser Maſs und Grade der hunderttheiligen Scale reducirt, wenn 1 Par. Z. = 1,06578 engl. und 1° F. = $\frac{5}{9}$ C. ist, wird

$$e = e' - \frac{b\frac{9}{5}\delta}{28{,}1484\,(A + C\frac{9}{5}\delta)} = e' - \frac{b\delta}{28{,}1484\,(\frac{5}{9}A + C\delta)}$$

1 Edinb. Phil. Journ. N. XXIV. p. 248. und N. XXVI. p. 224.
2 Zeitschrift für Physik u. Math. IV. 50 ff.

Nach Anderson ist aber $A = 36$ und $C = -0,1$, also erhält man für δ den Werth $t - t'$ gesetzt

$$e = e' - \frac{b\,(t - t')}{562,968 + 2,81484\,(t - t')}.$$

und zur Vergleichung mit August's Formel für Pariser Fuſsmaſs und 80 theil. Scale

$$e = e' - \frac{b\,(t - t')}{450,3744 + 2,81484\,(t - t')}.$$

von Bohnenberger hat zwar keine eigentliche hygrometrische Theorie geliefert, wohl aber die genauere Kenntniſs der verschiedenen Instrumente erweitert, eine richtige Beurtheilung derselben mehr begründet und die Zahl der werthvollen Beobachtungen um eine nicht unbeträchtliche Menge vermehrt[1]. Auch dieser Gelehrte geht von dem Grundsatze aus, daſs das Daniell'sche Hygrometer den Thaupunct unmittelbar angiebt, und daher das Psychrometer eine Reduction verlangt. Für diese letztere legt er gleichfalls die Dalton'schen Bestimmungen der Elasticität des Wasserdampfes zum Grunde, und folgt der eben erwähnten Anderson'schen Rechnungsmethode. Heiſst dann ferner die Temperatur der Luft $= T$; die des feuchten Thermometers $= t'$, die des Daniell'schen, in die mit Aether gefüllte Kugel, eingeschlossenen Thermometers $= t$; bezeichnen F, f' und f die diesen Wärmegraden zugehörigen Elasticitäten des Wasserdampfes der Atmosphäre (wobei vorausgesetzt wird, daſs die Temperatur, welche das in der Kugel des Daniell'schen Hygrometers eingeschlossene Thermometer bei der Entstehung des Dunstbeschlages anzeigt, $= t$, die Elasticität des in der Luft wirklich vorhandenen Wasserdampfes $= f$ nach Dalton's Bestimmungen unmittelbar anzeigt), alle diese Gröſsen in engl. Zollen und Graden nach F., so fand v. Bohnenberfer, daſs die Reihe der durch ihn mit einem Daniell'schen Hygrometer und einem Psychrometer erhaltenen Beobachtungen durch die Formel

$$A. \ldots . \quad T - t' = \frac{36,78\,(F - f)}{0,568 + F - f}$$

sehr gut ausgedrückt wurde. In Uebereinstimmung mit dem schon von August Bemerkten ergab sich ferner, daſs $f' - f : T - t'$ nahe eine constante Gröſse ist, welche bei 27 Par. Zollen Baro-

1 Naturwiss. Abh. II. S. 163 ff.

meterstand = 0,0114 gefunden wurde, statt daſs sie nach August's Theorie = 0,01244 seyn würde. Es lassen sich dann die Werthe von t leicht finden; wenn man f vermittelst der Formel

$$\text{B.} \ldots\ldots \; f = f' - 0{,}0114\,(T - t')$$

berechnet, und im Allgemeinen ergiebt die Vergleichung der auf diese Weise durch Berechnung erhaltenen Werthe von t nach den psychrometrischen Beobachtungen mit den durch das Hygrometer gleichzeitig hierfür gegebenen Gröſsen eine sehr genaue Uebereinstimmung beider Instrumente. v. Bohnenberger sucht indeſs zugleich aus einer Reihe späterer Beobachtungen den Coefficienten von T — t', und findet ihn aus 5 Beobachtungen = 0,01145, weit weniger übereinstimmend, aber aus 7 Beobachtungen am 22sten Mai bei bedecktem Himmel und ruhiger Luft = 0,00789, dagegen am 29sten Mai abermals aus 8 Beobachtungen im Mittel = 0,01207, aus allen 47 eigenen Beobachtungen (mit Ausschluſs der vom 22sten Mai) = 0,011398. Aus den von Bürg gemachten Beobachtungen wählt er gegen 20 der genauesten, und findet aus diesen für 27 Par. Z. Barometerstand denselben = 0,01303 doch etwas bedeutend abweichend. Als interessantes Endresultat ergiebt sich dann, daſs mit Beibehaltung der gewählten Bezeichnung, wonach f' die der Temperatur = t' des feuchten Thermometers zugehörige Elasticität des Wasserdampfes, f die des in der Atmosphäre wirklich enthaltenen Wasserdampfes bezeichnet, T und t' die Thermometergrade, b den Barometerstand, folgende Formeln in Anwendung zu bringen sind

1. Nach der Theorie von August

$$f = f' - \frac{0{,}01244\,(T - t')\,b}{28{,}776}, \text{ für Grade nach F. und engl. Zolle.}$$

$$f = f' - \frac{0{,}315\,(T - t')\,b}{324}, \text{ für Grade R. und Par. Lin.}$$

und wenn die Thermometerkugel mit Eis umgeben ist, muſs der Coefficient von T — t' mit 0,88 multiplicirt werden.

2. Nach Bürg's Beobachtungen

$$f = f' - \frac{0{,}01303\,(T - t')\,b}{28{,}776}, \text{ für Grade nach F. u. engl. Zolle.}$$

$$f = f' - \frac{0{,}33\,(T - t')\,b}{324}, \text{ für Grade R. und Par. Lin.}$$

3. Nach v. Bohnenberger's Beobachtungen

$$f = f' - \frac{0{,}0114\ (T - t')\ b}{28{,}776}$$, für Grade F. und engl. Zolle

$$f = f' - \frac{0{,}289\ (T - t')\ b}{324}$$, für Grade R. u. Par. Lin.

Auf welche Weise vermittelst des Psychrometers, und noch leichter mit Hülfe des Hygrometers, die Dichtigkeit des Wasserdampfes in der Atmosphäre, und hiernach also die Menge des darin enthaltenen Wassers gefunden werden könne, giebt zwar v. Bohnenberger hier nicht an, allein es folgt aus demjenigen unmittelbar, was anderwärts[1] von ihm über den Einfluſs des Feuchtigkeitszustandes der Atmosphäre auf das barometrische Höhenmessen gesagt wird. Ist nämlich f, oder die absolute Elasticität des Wasserdampfes auf die angegebene Weise bestimmt, so darf man nur berücksichtigen, daſs nach Gay-Lüssac die Dichtigkeit des Wasserdampfes 0,62349 von der Dichtigkeit der atmosphärischen Luft unter gleichem Drucke ausmacht, oder im Mittel aus den Bestimmungen von de Saussüre, Gay-Lüssac, Anderson's und meinen eigenen = 0,6515 jener Gröſse. Heiſst demnach der Barometerstand B, so ist die Dichtigkeit des Wasserdampfes = δ gesetzt

$$\delta = 0{,}62349\ \frac{f}{B} \text{ oder } = 0{,}6515\ \frac{f}{B},$$

wobei nicht übersehen werden darf, daſs die Dichtigkeit des Wasserdampfes durch höheren oder niedrigeren Barometerstand nicht geändert wird, weil im luftleeren und luftvollen Raume gleiche Mengen desselben existiren; wonach also B constant nach Gay-Lüssac's Bestimmung 0,76 Met. nach der meinigen 28 Par. Z. bezeichnet. Aus dem Werthe von δ aber die Menge des in einem gegebenen Volumen enthaltenen Wassers zu finden ist leicht, indem man hierfür hinlänglich genaue Werthe erhält, wenn man die Dichtigkeit der Luft gegen die des Wassers = 0,00129 : 1 annimmt. Heiſst dieses α, so ist $V \alpha \delta$ das Volumen des in einem Volumen Luft = V enthaltenen Wassers.

Hiermit glaube ich die vorliegende Untersuchung erschöpft zu haben. Es ist nämlich nachgewiesen, auf welche Weise nach dem Urtheile sehr bedeutender Gelehrten und nach einer hinlänglich groſsen Anzahl genauer Versuche die Elasticität und

1 Ebend. S. 183.

Dichtigkeit des zu jeder Zeit in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdampfes vermittelst des Hygrometers directe oder des Psychrometers durch Berechnung gefunden werden kann. Inzwichen glaube ich noch einige Betrachtungen hinzufügen zu müsen, welche ich um so mehr der Beurtheilung anderer anheimtellen muſs, als die dabei zum Grunde liegenden Ansichten mit lenen anderer Gelehrten keineswegs völlig übereinstimmen, weswegen aber zu erwarten steht, daſs der Gegenstand nicht für änzlich abgethan gehalten, sondern nochmals einer ferneren rüfung unterworfen werde.

Wenn zuvörderst v. Bohnenberger meint, daſs manche on ihm gefundene Abweichungen bei der Bestimmung des oefficienten von T — t′ in Fehlern der Daltons'chen Angaben für ie Elasticitäten des Wasserdampfes liegen mögen, und es daher vünschenswerth sey, daſs dieser Gegenstand nochmals durch eue und genaue Versuche zu gröſserer Gewiſsheit erhoben erde, so liegt hierin allerdings viel Wahres; von der andern eite aber haben sich schon so viele Gelehrte auf die verschienste Weise des Experimentirens an dieser Aufgabe versucht, d sie bietet der Schwierigkeiten so viele und groſse dar, daſs fraglich bleibt, ob auf diesem Felde noch eine reiche Ausnte zu erwarten sey[1].

Manche haben in Beziehung auf das Daniell'sche und das gust'sche Hygrometer geäuſsert, es sey zu bedauern, daſs n bei diesen allezeit der Rechnung bedürfe, um zur Kenntſs des Feuchtigkeitszustandes der Atmosphäre zu gelangen, gegen ein solcher Apparat weit zweckmäſsiger seyn würde, lcher, wie Barometer und Thermometer, diese Gröſse beim ſsen Anblicke durch den Stand seines Zeigers angebe. Dieist allerdings richtig, und setzt ein Instrument voraus, wels durch Wärme und Feuchtigkeit in der Art gleichzeitig affiwerden müſste, daſs man beide Gröſsen gleichzeitig ablesen nte. Ein solches haben wir aber noch nicht, und am weten kann das de Saussüre'sche und de Lüc'sche oder eins von en nach ähnlichen Grundsätzen construirtes dafür gelten, wie mgartner sehr richtig bemerkt, indem dabei gleichfalls gerechnet werden muſs, um aus den Graden des Zeigers

1 S. die ausführliche Zusammenstellung der bisherigen Bemüen im Art. *Dampf*.

und den Angaben des Thermometers den Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre zu finden, und es kommen vielmehr das Daniell'sche Hygrometer und das Psychrometer der Lösung dieser Aufgabe ungleich näher als eins der früheren Hygrometer. Die neuesten Untersuchungen, namentlich die durch v. Bürg mit einem Saussüre'schen, Daniell'schen und Augusts'chen Hygrometer angestellten vergleichbaren Beobachtungen haben ferner dargethan, daſs nur die beiden letzteren einen regelmäſsigen Gang zeigen, und wir dürfen es daher als ausgemacht ansehen, daſs die Hygrometrie sich gegenwärtig auf diese beiden Apparate beschränken müsse, wobei man hinzusetzen darf, daſs vorerst schwerlich eine wichtige Verbesserung oder Vermehrung dieser Instrumente zu erwarten sey.

Rücksichtlich einer Vergleichung des Daniell'schen Hygrometers und des Psychrometers muſs man gestehen, daſs allerdings das erstere gleich bei seiner Bekanntwerdung mit groſsem und ungetheiltem Beifalle aufgenommen wurde, bis sich die Schwierigkeiten zeigten, welche seiner Verfertigung im Wege stehen; und erst durch die sinnreiche Verbesserung Greiner's glücklich gehoben sind. Im Allgemeinen ist das Hygrometer seitdem von vielen und bedeutenden Männern sehr gelobt, selbst auch rücksichtlich der Bequemlichkeit des Verpackens und Transportirens, z. B. von Caldcleugh[1], welcher es auf seiner Brasilianischen Reise mit sich führte, Sabine[2], welcher es ein ganzes Jahr lang bei seinem Aufenthalte in der äquatorischen Zone bewährt fand, mehrerer gelegentlich geäuſserter Lobsprüche nicht zu gedenken.

Andere dagegen sind weniger damit zufrieden gewesen, z. B. Pictet[3], welcher wohl nicht ohne Vorurtheil dem Saussüre'schen Hygrometer den Vorzug beilegte, und dieses auch späterhin[4], als das Daniell'sche schon sehr allgemein bekannt war, für das einzige mit Zuverlässigkeit zu gebrauchende Werkzeug ausgab. Prinsep hat eine ausführliche Prüfung des Haarhygrometers unternommen, und ohne dem Daniell'schen Apparate zu nahe treten zu wollen, entscheidet er doch dahin, daſs ersteres

---

1 Journal of Royal Inst. XIV. p. 46.

2 Ebend. XV. p. 71.

3 Bibl. univ. XIII. 161.

4 Ebend. XXVII. 24.

nlänglicher Dauerhaftigkeit den Thaupunct richtiger und
r angiebt, als letzteres[1], und alſo doch den Vorzug hat;
ist die Frage, ob irgend ein aus ſogenannten hygroskopi-
Substanzen verfertigtes Hygrometer den Vorzug vor den
nstungshygrometern habe, wohl jetzt unzweifelhaft als zum
eile der letzteren entſchieden zu betrachten. Macvicar
'oggo halten indeſs das nach Jones's Angabe conſtruirte
ometer für beſser, als das Daniell'ſche, weil letzteres zu viel
r erfordert, und das in der Kugel eingeſchloſsene Thermo-
bei der Entſtehung des Thaues ſo ſchnell ſinkt, daſs eine
e Beobachtung kaum möglich ist[2]. Auch Henry Meikle
, daſs kaum ein Beobachter zugleich die Thermometerſcale
chten und den auf der Kugel erſcheinenden feinen Nieder-
g wahrnehmen könne, welcher kaum auf einer groſsen Me-
äche im erſten Momente geſehen werde, geſchweige denn
inem ſo winzigen Apparate und bei dem flüchtig herabſin-
en Thermometer. Ungleich ſicherer ſcheint ihm daher die
achtung einer feinen, mit Waſser benetzten Thermometer-
l, und er hat zugleich eine Formel entwickelt, wonach die
upuncte aus den Graden der durch Verdunſtung erkalteten
el berechnet werden können[3], welche ich indeſs nicht mit-
eilt habe, da ſie auf den Barometerſtand nicht Rückſicht
nt, übrigens ſehr nahe dieſelben Reſultate giebt, als die
h Anderson aufgeſtellte. Man könnte es allerdings bei Au-
t aus einer leicht möglichen Vorliebe für ſein Inſtrument
ären, wenn er dieſem den Vorzug vor dem Daniell'ſchen
äumt, allein auch Baumgartner und Bohnenberger ſind
elben Meinung. Letzterer beſtreitet es jedoch mit Recht,
n August behauptet, das Daniell'ſche Hygrometer gebe zu-
len den Thaupunct gar nicht an, oder es zeige ſich an dem-
en überall kein Niederſchlag; denn die durch guten Aether
eugte Kälte iſt ſo ſtark, daſs allerdings wohl jederzeit ein
derſchlag entſtehen muſs, allein das Sinken des Thermome-
in der erkälteten Kugel geſchieht ſo ſchnell, daſs man den
entlichen Punct der Thaubildung ſelbſt auf der polirteſten
dfläche genau wahrzunehmen kaum oder überall nicht im

1 Journ. of Science and the Arts XLIII. 28.
2 Edinb. Journ. of Science. N. XIII. 36.
3 Edinb. New Phil. Journ. N. III. p. 22.

Stande ist. Auſserdem hat v. Bohnenberger noch durch vergleichende Versuche sattsam erwiesen, daſs das im Fuſsgestelle des Daniell'schen Hygrometers befindliche Thermometer in Folge des Einflusses seiner Umgebungen sehr unempfindlich ist, und oft gegen 3° F. von der eigentlichen Lufttemperatur im Freien abweicht. Diesem wäre indeſs leicht durch eine Vorrichtung abzuhelfen, vermöge welcher man auch dieses Thermometer frei und dem Einflusse der Säule und des Fuſsgestelles nicht ausgesetzt beobachten könnte.

Einige vergleichende Beobachtungen, welche ich mit dem Daniell'schen Hygrometer und dem August'schen Psychrometer angestellt habe, beide von Greiner vortrefflich verfertigt, berechtigen mich wohl, den hier angegebenen Urtheilen auch das meinige hinzuzufügen, und ich muſs gestehen, daſs ich ganz unbedenklich dem letztern den Vorzug einräume, und zwar aus allen den nämlichen Gründen, welche v. Bohnenberger angegeben hat. Namentlich sinkt meistens das in der Kugel eingeschlossene Thermometer so schnell, daſs eine genaue Beobachtung seines Standes im Momente des erzeugten Niederschlages kaum überall möglich ist. Weniger die Unsicherheit des Thermometers in der Tragsäule, welcher abgeholfen werden kann, als vielmehr die nicht geringe Menge der theuern Naphtha, wenn man anhaltend beobachten will, kommen gleichfalls in Betrachtung.

Der wichtigste, hierbei noch zur Untersuchung kommende Gegenstand ist indeſs folgender: Man nimmt so ganz allgemein an, diejenige Temperatur, welche das Hygrometer im ersten Augenblicke des erzeugten Niederschlages zeige, sey der eigentliche Thaupunct, daſs ich Bedenken tragen würde, dieses in Zweifel zu ziehen, wenn mich nicht triftige Gründe hierzu vermöchten, deren Gewicht ich um so viel mehr fühle, da ich mich ein ganzes Jahr mit der Beobachtung des Entstehens solcher Niederschläge beschäftigt habe. Als ich nämlich im Jahre 1814 die Dichtigkeit der Dämpfe verschiedener Flüssigkeiten aufzufinden mich bemühete, hatte ich gewogene Quantitäten Wasser in einem Ballon von dem klarsten englischen Glase eingeschlossen, und suchte durch den Wechsel der Temperatur denjenigen Punct zu finden, bei welchem zwar noch kein Niederschlag an den inneren Wandungen des Ballons gebildet wurde, unter welcher aber derselbe sogleich entstand. Obgleich es nun

ungleich leichter iſt, die geringſte Trübung ſo ausnehmend klaren engliſchen Glaſes bei durchfallendem Lichte wahrzunehmen, als eine Verbindung des metalliſch glänzenden Goldes, ſo weiſs ich doch ſehr wohl, daſs ich nie zu genauen Reſultaten gelangt ſeyn würde, wenn mir nicht das zweite Mittel zu Gebote geſtanden hätte, nämlich den feuchten Niederſchlag durch Temperaturerhöhung wieder verſchwinden zu machen, und durch lange anhaltende Anwendung beider Methoden gelang es mir dann endlich, die geſuchten Werthe genau zu erhalten. Wie viele Mühe und Zeit indeſs jeder einzelne Verſuch mit Waſſerdampf (denn bei dichteren Dämpfen iſt die Beſtimmung leicht) erforderte, iſt gehörigen Ortes[1] erzählt, und würden ohne dieſes jene Verſuche mich nicht ſo anhaltend beſchäftigt haben, als wirklich der Fall war. Die von mir für die Dichtigkeit des Waſſerdampfes gefundene Beſtimmung iſt gröſser als die durch Gay-Lüssac vermittelſt ſeiner Verdampfungsverſuche des Waſſers im Torricelli'ſchen Raume über Queckſilber erhaltene, und dieſes erklärt ſich leicht daraus, daſs das Queckſilber, welches ja bekanntlich nur mit groſser Mühe kaum von aller Feuchtigkeit gereinigt werden kann, einen Theil des Waſſers aufnahm, auch konnte Gay-Lüssac aus ſeinen wenigen Verſuchen nicht finden, daſs das Dichtigkeitsverhältniſs des Maſſedampfes gegen Luft bei gleicher Wärme und Elaſticität nicht für alle Temperaturen ein gleiches iſt; wie aus meinen vielen und weit von einander liegenden Verſuchen folgt. Aus dieſen Verſuchen ſowohl als auch aus jenen ſcheint mir der Satz als unbeſtreitbar gewiſs zu folgen, daſs der Thaupunct da nicht liegen kann, wo ſich ein wäſsriger Niederſchlag zeigt, ſondern daſs er über die hierbei beobachtete Temperatur fällt.

Betrachte ich indeſs die Sache ganz für ſich und ohne Beziehung auf jene Beobachtungen, ſo ſcheint mir der Satz, daſs Daniell's Hygrometer den Thaupunct nicht unmittelbar angiebt, vollſtändig begründet, wenn man anders unter Thaupunct diejenige Temperatur verſteht, bei welcher der Waſſerdampf der Atmoſphäre ſeine gröſste Dichtigkeit hat. Daſs letztere Bedeutung aber die richtige ſey, dieſes läſst ſich nicht bezweifeln, indem man ſie bei der Beſtimmung der Elaſticität und Dichtigkeit des atmoſphäriſchen Waſſerdampfes zum Grunde legt.

1 S. meine Phyſicaliſchen Abhandl. Gieſs. 1816.

Sollte dagegen Thaupunct diejenige Temperatur bedeuten, bei welcher schon wirklicher Thau gebildet ist, so läſst sich dieser unmöglich genau bestimmen, weil der Thau dichter und auch dünner seyn kann, und auf allen Fall kein Dampf mehr ist, sondern Dunst, d. h. ein wirklicher wäſsriger Niederschlag aus der Atmosphäre. So lange hiernach also die mit Aether gefüllte Kugel diejenige Temperatur hat, bei welcher der Wasserdampf noch seine Expansion behält, kann sich kein Dampf auf derselben ablagern, wenn sie gleich unter die Temperatur ihrer Umgebung herabsinkend den angrenzenden Luft- und Dampf-Theilchen Wärme entzieht, weil ja die letzteren erst so viel hiervon verlieren müssen, daſs ihr Expansionszustand nicht weiter möglich bleibt. Der hygrometrische Condensationspunct nach der Angabe des Daniell'schen Hygrometers liegt also unter dem eigentlichen Thaupuncte, oder unter dem Puncte der gröſsten Dichtigkeit des Wasserdampfes. Aus dieſem Grunde wollten v. Bohnenberger, v. Bürg u. a. den eigentlichen Thaupunct aus derjenigen Temperatur zugleich mit bestimmen, bei welcher der auf dem Goldstreifen entstandene Thau wieder verschwindet, und es unterliegt wohl keinem Zweifel, daſs man die dem eigentlichen Thaupuncte zugehörige Temperatur genau erhalten würde, wenn man diese beiden Puncte einander so nahe wie möglich brächte, oder zuletzt in einen zusammenfallen machte; allein dieses ist nicht bloſs schwierig, sondern fast unmöglich und auf allen Fall für gewöhnliche Beobachtungen nicht anwendbar. Wird nämlich die mit Musselin überzogene Kugel des Hygrometers erkaltet, so verdampft der Aether in der andern an seiner ganzen Oberfläche, entzieht also gleichzeitig der Thermometerkugel und der vergoldeten Glaszone die Wärme, weswegen beider Temperaturen bis auf einen verschwindenden Unterschied gleich seyn werden; wird aber die Aetherkugel von Auſsen erwärmt, so muſs die aufgenommene Wärme erst durch den Aether und dessen Dampf dringen, ehe sie die Thermometerkugel erreicht, worauf bei der schlechten Wärmeleitung der Flüssigkeiten viel zu lange Zeit vergeht, als daſs sich dieses Mittel zu der geforderten Bestimmung eignen sollte.

Fragt man, wie tief der Bethauungspunct der Hygrometerkugel unter dem eigentlichen Thaupuncte liege, so ist dieses schwer bestimmbar, weil man hierfür die Dicke einer sichtbar werdenden Dunstschicht kennen müſste und zugleich die

Dichtigkeit des Dampfes bei der jedesmaligen Temperatur nebst der Entfernung, bis auf welche die kältere Kugel den Wasserdampf aus ihrer Umgebung anzieht. Bei dieser Unbestimmbarkeit der Elemente, wäre es ganz überflüssig, eine Berechnung hierüher anzustellen[1], allein so viel ergiebt sich von selbst, daſs in niedigeren Temperaturen beide weiter von einander abstehen müssen, weil dann der umgebende Dampf dünner ist. Aus dieser Ursache fand auch v. Bohnenberger, daſs die Differenz der beiden Thermometer des Hygrometer's, welche nach August's Beobachtungen die doppelte der Differenz der beiden Thermometer des Psychrometers ist, in niedrigen Temperaturen bis zur 2,5 ja bis zur 3fachen stieg, wie denn das Nämliche aus der Formel folgt, wonach für 0° R. Temperatur der umgebenden Luft die Differenz der Thermometer, des Psychrometers aber = 7,29 beträgt[2].

Hiernach entsteht aber billig die Frage, welches denn der eigentliche Thaupunct sey? Wenn man unter Thaupunct denjenigen Punct der thermometrischen Scale, oder diejenige Temperatur versteht, bei welcher der in der Atmosphäre enthaltene Wasserdampf das Maximum seiner Dichtigkeit hat, so daſs er sich zu tropfbaren Massen condensiren (in Thau oder Nebel

1 Es setzt sich auf den vergoldeten Ring des Hygrometers keine zusammenhängende Wasserlage ab, denn diese wäre durchsichtig und hätte also kein mattes Ansehen, sondern eine Lage sogenannter Dunstkügelchen. Solche Dunstkügelchen, oder einzelne Tropfen, sind bei hinlänglicher Beleuchtung mit bloſsen Augen auf eine Weite, die ich zu 10 Par. Z. annehmen will, sichtbar. Ein Object verschwindet nach Gehler Th. IV. S. 1438, wenn der Gesichtswinkel kleiner als 1 Sec. wird. Dieses gäbe ihre Dicke = 10 Z. arc. 1″ = 0,00004848 Z. Nehmen wir bei einer mittleren Temperatur = 12° R. die Elasticität des Wasserdampfes = 0,41 Z.; das Dichtigkeitsverhältniſs der Luft zum Wasser = 0,00129, des Dampfes zur Luft = 0,625, so wäre $\frac{0{,}41}{28}$. 0,00129 . 0,625 = 0,00001074 die Dichtigkeit des Wasserdampfes gegen Wasser, und aus $\frac{0{,}00004848}{0{,}00001074}$ = 4,5 Z. müſste der enthaltene Wasserdampf sich auf der Kugel ablagern. Dieses ist sehr wohl denkbar, wenn man berücksichtigt, wie viel Wärme der verdampfende Aether bedarf; doch sind die Elemente dieser Berechnung zu unsicher. Man ersieht hieraus übrigens klar, daſs der hygrometrische Thaupunct mehrere Grade unter den psychrometrischen fallen muſs.

2 S. Bohnenberger a. a. O. S. 180.

verwandelt werden) würde, sobald er dann von seiner Wärme noch etwas verlöre, so getraue ich mir ohne Anstand zu behaupten, *daſs das befeuchtete Thermometer des Psychrometers diesen Punct unmittelbar angiebt.* Diesen höchst wichtigen Satz der Hygrometrie werde ich theoretisch und aus der Erfahrung zu beweisen suchen, nachdem ich mir zuvörderst noch folgende Bemerkung erlaubt habe. Es muſs allerdings auffallen, daſs alle die rühmlichst bekannten scharfsinnigen Gelehrten, welche bisher diesen Gegenstand behandelt haben, einstimmig der Meinung sind, der Thaupunct liege tiefer, als jener Verdampfungspunct, und man könnte sogar noch hinzusetzen, daſs die so genau übereinstimmenden Berechnungen diese herrschende Ansicht geometrisch beweisen. Inzwischen erwiedere ich hierauf, daſs man nach den bekannten Versuchen der Academia del Cimento, le Roy's, Fontana's, Dalton's u. a. stets von dem Satze ausging, das Thermometer, an welchem ein Niederschlag zum Vorschein komme, gebe in diesem Augenblicke den Thaupunct an, und da das psychrometrische Thermometer höher stand, so entwarf man Formeln, um beide in Uebereinstimmung zu bringen, ohne die Frage aufzuwerfen, welcher von beiden Puncten der eigentliche Thaupunct sey. Am meisten kommt wohl hierbei die durch August entwickelte Formel in Betrachtung, gegen deren Elemente ich Folgendes zu erinnern habe. Wenn es heiſst: zur Bildung des Dampfes aus dem Wasser der befeuchteten Kugel giebt die umgebende Luft und der in ihr enthaltene Dampf Wärme her, und wenn dann ferner die Reductionsformel für die Beobachtungen des Psychrometers auf die specifischen Wärmecapacitäten beider gegründet wird, so würde ich vielmehr so fortfahren zu argumentiren. Dieser vom Dampfe der Luft hergegebene Wärmestoff bewirkt eine Verdichtung des Dampfes, kann aber nicht so weit entzogen werden, daſs tropfbares Wasser (Dunst)[1] entstände, weil sonst die Wassermenge

---

1 August nimmt den durch Fischer eingeführten Sprachgebrauch, wonach das durchsichtige Fluidum Dunst, das undurchsichtige Dampf genannt werden soll, gegen den in diesem Wörterbuche beibehaltenen in Schutz, weil niemand Ausdünstung mit Ausdampfung vertauschen würde. Es ist indeſs mit dem Sprachgebrauche eine eigene Sache. So müſste es z. B. ganz entschieden heiſsen: specifisch gewichtiger, statt daſs man allgemein sagt: specif. schwerer. In nächster Beziehung auf den Gegenstand sagt zwar niemand Ausdampfung

ıefeuchteten Kugel vermehrt und nicht vermindert werden e. Insofern also der schon vorhandene Dampf von seiner ne verliert, und dadurch verdichtet, zugleich aber durch neu gebildeten vermehrt wird, so muſs dieser Prozeſs so : fortdauern, bis das Maximum der Sättigung der Luft mit pf eintritt, die Luft also keinen neuen mehr aufnehmen und essen Bildung keine Wärmebindung mehr stattfinden kann, :hes dann den Thaupunct giebt. Den ganzen Prozeſs denke mir auf folgende Weise. Ist eine überall mit einer dünnen sserschicht umgebene Thermometerkugel der freien Luft so ;esetzt, daſs sie der letzteren eine möglichst groſse Fläche Berührung darbietet, so wird dieser Wärme entzogen und Dampfbildung verwandt, zugleich aber dem Quecksilber im ermometer, welches sich dadurch zusammenzieht. Bei der ſsen Wärmecapacität des Dampfes, und der Begierde der Luft, sen in sich aufzunehmen, wird also die Dampfbildung unaus- etzt fortdauern, so lange noch freie Wärme hierfür vorhanden , also bis zu dem Augenblicke, in welchem die Luft keinen asserdampf mehr aufnehmen kann, bei stärkerer Temperatur- rminderung vielmehr ein Niederschlag entstehen müſste, was leſs unmöglich ist. Hiernach giebt aber das befeuchtete Ther- ometer den eigentlichen Thaupunct, oder wenn man genauer ill, den Punct der gröſsten Dichtigkeit des Wasserdampfes der tmosphäre unmittelbar.

Zwei Einwendungen lassen sich gegen diese Theorie vor- ringen, welche aber beide zu ganz entgegengesetzten Resulta- :n führen. Zuerst könnte man sagen, die Wärme der Luft und es Dampfes in ihr wird allerdings zur Dampfbildung der das 'hermometer umgebenden Feuchtigkeit verwandt, und letzterem leichfalls Wärme zu gleicher Verwendung entzogen; allein veil Wärme genug von Auſsen vorhanden ist, die Luft auſser- em nicht sofort in den Zustand des Gesättigtseyns mit Wasser- ampf kommt, so bleibt die Temperatur des psychrometrischen Thermometers stets etwas hinter dem Thaupuncte zurück. Die- es ist die herschende Ansicht, worauf ich aber Folgendes er- viedere. Entweder diejenige Luftschicht, welche die befeuch- ete Kugel umgiebt, ist bleibend (bei ganz ruhiger Luft) oder

---

ıber auch niemand sagt Dunstmaschine, Dunstschiff, Dunstkanone ı. s. w.

veränderlich (bei bewegter Luft). In beiden Fällen ist nicht abzuſehen, warum der vorräthige Wärmeſtoff nicht zur Dampfbildung verwandt werden ſollte. Daſs hierauf einige Zeit hingeht, liegt in der Natur der Sache, aber eben deswegen *ſinkt* auch das befeuchtete Thermometer allmälig, bis es zuletzt ſtationär wird, und dieses kann nur dann geſchehen, wenn kein freier Wärmeſtoff zur Dampfbildung mehr vorhanden iſt, alſo wenn die umgebende Luft und die in demſelben befindliche feuchte Thermometerkugel die dem Sättigungspuncte zugehörige Temperatur angenommen hat. Ein zweiter Einwurf könnte daraus hergenommen werden, wenn man ſagte, bei bewegter Luft komme allezeit eine Menge derſelben im nicht mit Waſſerdampf geſättigten Zuſtande mit der befeuchteten Kugel in Berührung, und müſſe daher bei der groſsen Wärmecapacität des Dampfes dieſelbe ſehr erkälten, ſelbſt durch ſtetes Wegführen des bereits gebildeten Dampfes bis unter die Temperatur des Sättigungspunctes derſelben mit Waſſerdampf. Letzteres ſcheint mir indeſs unmöglich, weil die auch noch ſo ſchnell herbeigeführte Luft allezeit Waſſerdampf enthält, welcher an allen bis unter das Maximum ſeiner Dichtigkeit erkälteten Körpern *reducirt* wird, und Wärme ſtatt Kälte erzeugt. Inſofern aber aus den bisherigen Beobachtungen nicht hervorgeht, daſs die pſychrometriſche Differenz eine weſentliche Aenderung erhält, wenn die Luft mehr oder weniger bewegt iſt, einige Bewegung derſelben als nothwendige Bedingung vorausgeſetzt, ſo ſcheint mir hierin ein auffallender Beweis zu liegen, daſs in jedem Falle die benetzte Kugel die Temperatur des Sättigungspunctes der Atmoſphäre mit Waſſerdampf annimmt, bei welchem dieſes Thermometer alſo ſtationär werden muſs.

Um dieſen wichtigen Satz durch die Erfahrung zu prüfen, könnte man vermittelſt der befeuchteten Kugel den Thaupunct ſuchen, dann von der Luft, worin dieſes geſchehen iſt, eine Quantität einſchlieſsen, und durch Entziehung des enthaltenen Waſſerdampfes die Menge des letzteren durch die verminderte Elaſticität, oder durch die Gewichtszunahme des entziehenden Körpers ausmitteln. Ob Verſuche dieſer Art möglich ſind, wage ich nicht zu entſcheiden, auf allen Fall ſind ſie höchſt ſchwierig. Man könnte ferner von derjenigen Luft, deren Thaupunct durch das Pſychrometer erforſcht iſt, eine Quantität in einen trocknen leeren Ballon einſchlieſsen, und durch Abkühlung des-

selben den wahren Thaupunct aufsuchen, aber auch dieses ist unglaublich schwer und unsicher. Um wenigstens eine Kleinigkeit in dieser Sache zu thun, hing ich zwei Thermometer, welche zwar von einem guten Künstler sind, deren correspondirender Gang und feste Puncte ich indeſs nicht vorher geprüft hatte, unter eine Campane auf, welche nebst einem Schälchen mit etwas Wasser luftdicht auf einem geschliffenen gläsernen Teller stand. Es versteht sich von selbst, daſs in dieser mit Wasserdampf gesättigten Luft beide Thermometer übereinstimmen muſsten, allein ich fand es merkwürdig, daſs das befeuchtete (mit einer nassen Musselinhülle umgebene) Thermometer im Stillstehen meistens 0°,5 R. niedriger stand. Wurde die äuſsere Temperatur vermindert, so legte sich ein dicker Thau an die Wandungen der Campane und auf den Thermometern an, und beide Thermometer gingen gleichmäſsig herab. Nachdem ich darauf die Campane nebst dem einen Thermometer getrocknet und beide bis 1° R. herabgebracht hatte, trug ich den Apparat in ein geheiztes Zimmer von 14° R. Das trockene Thermometer stieg sehr schnell, das feuchte regelmäſsig und hinter jenem zurückbleibend, denn ersteres zeigte 5° letzteres 2° u. s. w., so daſs ich hiernach schlieſsen muſs, daſs das feuchte Thermometer sich nie vom Thaupuncte entfernte. Um diesen Versuch noch genauer anzustellen, und insbesondere wegen des niedrigern Standes des feuchten Thermometers Gewiſsheit zu erlangen, hing ich die zum Psychrometer gehörigen Thermometer unter einer mit Pomade auf einen Luftpumpenteller gesetzten Campane auf, lieſs beide bis 0° R. herabgehen, und trug den Apparat dann in ein geheiztes Zimmer. Bis zur Temperatur von 5° R. blieb das befeuchtete Thermometer stets um 0°,5 R. hinter dem trocknen zurück, von da an bis 11° aber nur um 0°,4, und dann nahm die Differenz noch mehr ab, bis beide bei 14°,5 R. zusammentrafen. Als ich darauf die Wärme des Zimmers allmälig verminderte, sanken beide Thermometer, behielten aber hierbei fortwährend die einmal erhaltne völlige Uebereinstimmung bei. Es steht mir kein Apparat zu Gebote, um die mit dem Thermometer versehene Kugel des Daniell'schen Hygrometers unter eine Campane zu bringen, deren Luft mit Wasserdampf gesättigt ist, diese dann zu erkälten und zu beobachten, um wie viele Grade ihre Temperatur herabsinkt, ehe sie mit dem erforderlichen Niederschlage überzogen wird; so viel ist

aber gewiſs, daſs dieses in völlig mit Wasserdampf gesättigter Luft ohne Verminderung der Temperatur nicht geschehen kann, und daſs daher dieses Hygrometer in solcher den Thaupunct nicht unmittelbar zeigt, wie dieses durch das Psychrometer allezeit und sicher geschieht.

Es leidet keinen Zweifel, daſs in manchen Fällen der am Daniell'schen Hygrometer beobachtete Thaupunct unter dem eigentlichen gefunden wird, welches man indeſs für eine Folge mangelhafter Beobachtung auszugeben geneigt seyn könnte. Inzwischen ist mir zufällig ein Fall bekannt geworden, wobei es in der That wunderbar scheinen muſs, daſs dem Erzähler selbst das Auffallende hiervon entgangen ist. Cumming nämlich, welcher sich viel mit dem Daniell'schen Hygrometer beschäftigt hat, berichtet unter mehreren Fällen, daſs er am 19ten Juli den Thaupunct bei 61° F. die Lufttemperatur 65° gefunden habe, und es sey unmittelbar darauf ein Regen gefolgt. Dieses lieſse sich noch wohl erklären, allein am 26sten fand er bei vielem Regen den Thaupunct bei 58° F. die Temperatur der Luft 62° F. da doch *bei vielem Regen* beide nothwendig zusammenfallen muſsten[1].

Gegen die Ansicht, wonach das befeuchtete Thermometer den Thaupunct unmittelbar angeben soll, läſst sich allerdings einwenden, daſs in völlig ruhiger Luft die dasselbe umgebende, mit Wasserdampf gesättigte Luftschicht durch die umgebende Luft von höherer Temperatur allmälig erwärmt werden, und sonach das Thermometer den Thaupunct höher angeben müsse, als der freien Atmosphäre zukomme. Dieser schon an sich sehr wahrscheinliche Einwurf wird durch folgende Erfahrung bestätigt. Um die Angabe des Psychrometers näher zu prüfen, stellte ich dasselbe in einem erwärmten Zimmer in solche Entfernungen vom geheizten Ofen, daſs ich den Feuchtigkeitszustand an den verschieden Plätzen für gleich halten konnte. Bei völliger Ruhe der Luft stieg das befeuchtete Thermometer um 0,2 bis 0,4 Grade R. wenn das trockne 2° R. hinaufging; wenn ich aber die Luft durch ein geschwungenes Buch in mäſsige Bewegung setzte, behielt jenes seinen Stand bei, obgleich bei diesem die Differenz

1 The Quaterly Journ. of Science Lit. and Arts. New Ser. N. VI. 403. Wörtlich heiſst es: To day the dew-point is 58°, attended with much rain, the temperature of the air being 62°.

1 2 Graden blieb. Bewegung der Luft ist also für genaue ychrometrische Beobachtungen auf allen Fall erforderlich.

So sehr ich nun einerseits die Ueberzeugung hege, daſs der aupunct in der oben angegebenen Bedeutung durch das Psyrometer unmittelbar angegeben werde, so mag doch die underſprechliche Begründung dieser Frage einstweilen noch auf h beruhen, indem er auf allen Fall durch dasselbe erhalten erden kann. Insofern es auſserdem ausgemacht ist, daſs die asticität und Dichtigkeit der Dämpfe im Zustande der Sättig (im Thaupuncte) lediglich eine Function der Temperatur , weil im luftvollen und luftleeren Raume gleiche Mengen s Wasserdampfes existiren, so bedarf es keiner weitläuftigen echnungen, um aus dem aufgefundenen Thaupuncte die zuhörigen Gröſsen unmittelbar zu finden. Es sind nämlich unter m Art. *Dampf* die Elasticitäten sowohl als die Dichtigkeiten s Wasserdampfes für einzelne Grade nach R. berechnet[1], letzre gegen Luft bei 0° Temp. und 28 Z. Barometerdruck und gen Wasser im Puncte seiner gröſsten Dichtigkeit. Ist also er Thaupunct vermittelst des Psychrometers gefunden, so darf an nur aus jenen Tabellen alle drei Gröſsen entnehmen, und scheint mir überflüssig, hier abermals einen Auszug aus denlben aufzunehmen. Die Gründe aber, welche mich bestimen die dort berechneten Elasticitäten und Dichtigkeiten noch nmer für die richtigsten zu halten, welche bisher aufgefunden urden, sind theils dort, theils hier angegeben.

Als einen Anhang zu den bisherigen Untersuchungen erähne ich noch ein Hygrometer, welches unter die bisher behriebene Classe von Apparaten nicht gehört, durch seinen Ernder, Guyton-Morveau, aber mit diesem Namen belegt ist[2]. Die Bestimmung desselben ist, die in einer gewissen Quantität as enthaltene Feuchtigkeit zu messen, oder dieselbe daraus zu ntfernen und das Gas trocken darzustellen. Ein kleines, in en Ring d gefaſstes, Gläschen a, durch den Deckel b fest ver- Fig. 148.
chlossen, wird vermittelst der Handhabe m n unter die durch Quecksilber abgesperrte Campane A gebracht, worin sich das u prüſende Gas befindet, dann der Deckel b vermittelst des erabhängenden Stieles e f geöffnet, und in dieser Lage so lange

1 S. Th. II. S. 351 und 385.
2 S. Ann. de Chim. LXVIII. 1. G. XXXI. 417.

erhalten, bis alle Feuchtigkeit absorbirt ist, demnächst wieder verschlossen, und das ganze Gefäſs herausgenommen, um die Quantität der Feuchtigheit durch den Unterschied des Gewichtes vor dem Hineinbringen und nach dem Herausnehmen zu bestimmen. Wegen des Gebrauches unter Quecksilber muſs die Fassung ganz von Eisen seyn, und auf genaues Schlieſsen des Deckels gesehen werden. Der Zweckmäſsigkeit dieses Apparates ungeachtet sieht man bald, daſs die Gröſse dieses Gefäſses, die Menge des enthaltenen salzsauren Kalkes und die Masse der Fassung nebst der Handhabe leicht ein zu groſses Gewicht für die geringe Quantität der zu absorbirenden Feuchtigkeit haben können, wodurch die Gewichtsbestimmung der letzteren minder genau wird. Diesem kann etwas abgeholfen werden, wenn man das Glas klein und möglichst dünn wählt, auſserdem aber den Apparat so einrichtet, daſs Handhaben und Fassung sich abnehmen lassen, und bloſs das Gläschen mit seinem fest schlieſsenden Deckel gewogen wird. Zugleich aber muſs dahin gesehen werden, daſs kein Quecksilber an demselben hängen bleibt, welches sonst ein unrichtiges Resultat herbeiführen würde. M.

Digitized by Google